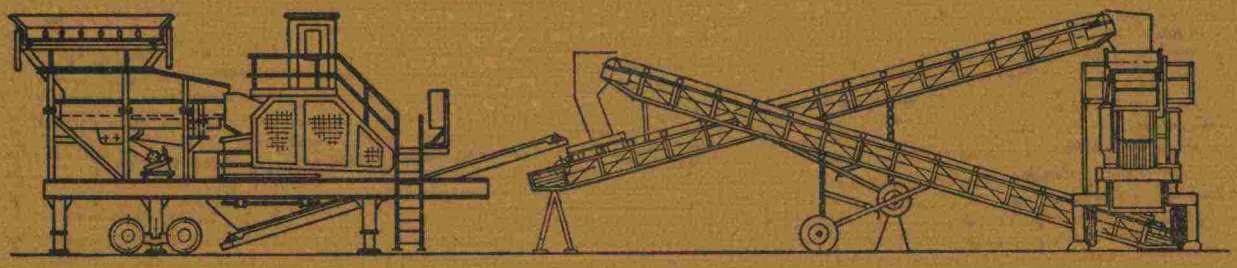
MURSKAUSTYÖT TIENPIDOSSA



TIE- JA VESIRAKENNUSHALLITUS
TIERAKENNUSOSASTO 1975

TVH 2.804 A4

MURSKAUSTYÖT TIENPIDOSSA

TIE- JA VESIRAKENNUSHALLITUS
TIERAKENNUSOSASTO 1975

TVH 2.804 A4 1000 6.75

SISÄLLYSLUETTELO

III TYÖN TOTEUTUS

III.1 Louhintatyö murskausta varten
Dipl.ins. R. Vuolio, Oy Finnrock Ab

III.2 Murskaustyön toteutus urakalla
Ins. H. Karlsson TVL

III.3 Murskaustyön toteutus omalla kalustolla
Ins. M. Niskanen TVL

III.4 Murskausasemien ympäristöhaitat ja niiden estäminen
Dipl.ins. E. Matilainen TVH

III.5 Työsuojelusta murskaustyössä
Ins. A. Tuokkola TVH

III.6 Murskaustyön laadunvalvonta
Ins. R. Turunen TVL

III.7 Kiviainesten laatuvirheiden aiheuttamat haitat ja kustannukset
Ins. R. Skytén, Rakennus Oy Cultor

ESIPUHE

Tie- ja vesirakennuslaitoksen vuotuinen murskatun kiviaineksen tarve on n. 8 milj. m^3itd. Sen hankinnasta ja käsittelystä aiheutuvien kokonaiskustannusten on arvioitu v. 1975 nousevan n. 85 miljoonaan markkaan. Tämä tienpitoon liittyvä kustannuksiltaan merkittävä toiminta edellyttää nykyistä laajempaa alan tietoutta ja sen soveltamista.

Alan koulutustoiminta on maassamme rajoittunut joihinkin yksittäisiin lähinnä TVL:n henkilökunnalle tarkoitettuihin tilaisuuksiin. Kun vielä alaa käsittelevä kirjallisuus on lähes kokonaan vieraskielistä, on alalla tapahtuvan kehityksen seuraaminen suuresti riippuvainen asianomaisen kielitaidosta ja henkilökohtaisesta aktiivisuudesta.

Tie- ja vesirakennushallitus järjesti 14-15.5.1974 Jyväskylässä TVL:n henkilökunnalle tarkoitetut "Murskausalan neuvottelupäivät" sekä yhteistoiminnassa Asfalttiurakoitsijoiden Liitto r.y:n kanssa 14-16.1.1975 Espoossa julkiselle ja yksityiselle sektorille tarkoitetun "Murskausalan kurssin". Tilaisuuksien tarkoituksena oli lieventää murskausalan koulutustarvetta sekä kerätä ja syventää alan tietoutta. Oheinen julkaisu sisältää osan tilaisuuksissa pidetyistä esitelmistä.

L. K. Kauranne

KIVIAINEKSEN KÄYTÖSTÄ

L.K. Kauranne

KIVIAINEKSEN KÄYTÖSTÄ

1 Rakennuskiviainesten käyttömäärät

1.1 Yleistä

Maamme hiekka- ja soravarat ovat vielä keskeneräisen inventointityön perusteella arvioiden lähes 40 miljardia m3ktd. Tästä määrästä noin kolmasosa on soravaltaista, eli rakennustarkoituksiin lähinnä haluttua ainesta. Noin kymmenesosa soravaltaisesta aineksesta on murskauskelpoista.

Kun suuri osa em. rakennusainemäärät sisältävistä harjuista on kaukana kulutuskeskuksista sekä kun suuri osa asutuskeskusten lähellä sijaitsevista kangasmaista taas on rakennettu ja osa vielä on varattava pohjaveden keräämiseen, rajoittunee taloudellisesti käyttökelpoisen luonnonkiviaineksen määrä noin 5 miljardiksi kuutiometriksi.

Soran kuljetusetäisyydet asutuskeskuksiin ovat jatkuvasti pitenemässä. Eri talousalueiden betonielementtitehtaiden keskimääräiset sorankuljetusetäisyydet v. 1970 on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Eri alueiden keskimääräiset kiviaineksen kuljetusetäisyydet.

Uusimaa	30 km	Etelä-Savo	22 km
Varsinais-Suomi	33 km	Pohjois-Savo	2 km
Ahvenanmaa	5 km	Pohjois-Karjala	5 km
Satakunta	40 km	Etelä-Pohjanmaa	35 km
Etelä-Häme	7 km	Keski-Pohjanmaa	8 km
Tammermaa	22 km	Kainuu	10 km
Kaakkois-Suomi	9 km	Lappi	7 km
Keski-Suomi	8 km		

ka 16.2 km

Louhintatöissä irroitetaan noin 8,5 miljoonaa m3ktd kalliota vuosittain (1970), mikä irtonaisena kiviaineksena muodostaa noin 15 miljoonaa m3itd ainevaraston. Puolet tästä on peräisin kaivoksista. Kaivoksesta nostettu malmi jauhetaan rikastusta tai muuta käsittelyä varten liian hienoksi jotta se kelpaisi rakennustarkoituksiin, mutta malmin ohessa nostettu raakku (sivukivi) voitaisiin käyttää. Oksidimalmi- ja kalkkikaivosten raakku on sepelinä hyvää jopa erinomaista, mutta sulfidimalmikaivosten raakusta ainakin osa on helposti rapautuvaa.

Rakennustarkoituksia varten tehtyjen louhintojen yhteydessä irroitettu kiviaines kelpaa lähes poikkeuksetta murskattavaksi rakennusmassojen runkoaineeksi. Kun louhintamäärät kasvavat noin 7 % vuodessa, niin louhetta riittää tulevaisuudessa yhä suurenevin määrin. Vasta aloitettua Päijännetunnelia lukuunottamatta louheen käyttöpaikat ovat myös louhintapaikan lähellä.

Maassamme käytetään (1973 tilastojen mukaan) rakennustarkoituksiin erilaiset laatuvaatimukset täyttäviä kiviaineksia yhteensä noin 45,5 miljoonaa m3itd. Tästä määrästä valtaosa (92 %) on luonnon lajittelemaa, harjuista otettua kiviainesta, joka käytetään joko sellaisenaan tai murskattuna. Kalliosta louhintojen yhteydessä irroitetusta aineksesta osa käytetään sellaisenaan, osa murskattuna. Edellä mainittujen kiviainesmassojen lisäksi siirretään rakennustöiden yhteydessä vuosittain penkereisiin ja täytteisiin n. 23 miljoonaa m3itd sellaisia kiviaineksia, joita ei voida käyttää vaativampiin tarkoituksiin.

1.2 Lajittuneet luonnonkiviainekset

Vuosittain rakennustarkoituksiin käytetyistä kiviaineksista 28 miljoonaa m3itd eli 63 % on murskaamatonta luonnon lajittelemaa kiviainesta.

Talonrakennus ja betonimassojen valmistus muihinkin tarkoituksiin kuluttaa vuosittain seulottua luonnonkiviainesta noin 11 miljoonaa m3itd.

Kunnallistekniikan pääosin kadunrakennukseen vuosittain käyttämä luonnonkiviainesmäärä on noin 4,5 miljoonaa m3itd. Teiden rakentamiseen käytetään noin 3,9 miljoonaa m3itd ja teiden kunnossapitoon noin 3,8 miljoonaa m3itd. 4,8

Rautateiden rakentamiseen käytetään vuosittain noin 1,5 miljoonaa m3itd, mutta paráikaa rakennettavaan Kostamusrataan lisäksi saman verran. Kaikkiaan Kostamusradalla siirrellään noin 5,5 miljoonaa m3itd kiviainesmassoja kahden vuoden aikana, ja eiköhän maantie vie saman verran.

Vesirakennusalan työt ovat vuosittain vaihdelleet suuresti, mistä johtuen keskikulutusta on vaikeata arvioida, olettaisin sen olevan 2 miljoonan kuutiometrin luokkaa.

1.3 Murskatut luonnonkiviainekset

Vuosittain käytetään rakennustarkoituksiin lähes 13 miljoonaa m3itd murskesoraa, mikä on 29 % käytetyistä laatukiviaineksista.

Kun pelkällä seulonnalla ei aina pystytä aikaansaamaan rakennusmassojen runkokiviainekselle asetettuja rakeisuusvaatimuksia täyttävää materiaalia, joudutaan turvautumaan murskaukseen. Murskaten ja seuloen valmistettuja lajitteita keskenään suhteittaen saadaan tiukatkin rakeisuusvaatimukset täyttäviä massoja.

Sementillä sidottuihin massoihin käytetään yhä suurenevin määrin murskattua ainesta pyrittäessä ohuempiin rakenteisiin, mutta suurempiin lujuuksiin. Vuosittaiskulutus on noin 2 miljoonaa m3itd. Noin 60-70 % tästä on ns. karkeata ($\emptyset > 8$ mm) runkokiviainesta.

Kunnallistekniikka käyttää murskattua luonnonainesta lähinnä katujen päällystämiseen noin 0,4 miljoonaa m3itd vuosittain.

Rautateiden rakentamiseen ei tällaista juuri käytetä.

Tienrakennus käyttää murskesoria varsin runsaasti rakentamiseen noin 6,7 miljoonaa m3itd ja kunnossapitoon

noin 3,7 miljoonaa m3itd. Erilaisten murskesorien valmistusosuus on v. 1968...1973 ollut keskimäärin seuraava: 0-18...15 mm 2 %, 0-18...25 mm 33 %, 0-30...35 mm 23 %, 0-40...55 mm 11 %, 0-60...65 mm 18 %, 0-80...100 mm 10 % ja 0-120...150 mm 3 %.

Vuonna 1973 valmistettiin eri murskesoria hiukan erilaiset määrät: suhteet samassa järjestyksessä lueteltuina 1 %, 28 %, 21 %, 17 %, 23 %, 8 ja 1 % eli painopiste siirtyi karkeampien lajitteiden suuntaan. Jos ajatellaan murskausprosessien energiataloutta ja kiviaineksen tarkkaa käyttöä yleensä, pitäisikin eri lajitteiden osuuksien määrä muuttaa eri suuntaan siten, että päästäisiin esim. kaksivaihemurskauksen tuoterakeisuuskäyrälle ja suunnitella teiden rakenteet sellaisiksi, että kukin lajite tekisi kauppansa.

1.4 Murskattu louhe

Louheesta murskattua ja seulottua kiviainesta käytetään vuosittain lähes 3,5 miljoonaa m3itd eli 8 % laatukiviaineksista.

Talonrakennus on käyttänyt louhetta ns. säästökivinä, joiden käyttö kuitenkin valmisbetoni- ja betonielementtikaudella tuntuu loppuvan. Kalliosta murskatun aineksen käyttö talonrakennuksessa rajoittuu tasoitustöihin.

Kunnallistekniikan kadunrakennus käyttää vuosittain arviolta 0,1 miljoonaa m3itd kalliosta murskattua ainesta.

Rautatierakennus käyttää ratojen rakennus- ja perustamistöihin noin 0,5 miljoonaa m3itd. Kostamusradan rakentamiseen käytetään parin vuoden aikana noin 0,2 miljoonaa m3itd sepeliä.

Tienrakennus kuluttaa noin 2 miljoonaa m3itd ja teiden kunnossapito noin 0,6 miljoonaa m3itd kalliosta murskattua ainesta. Tieleikkauksista vuosittain louhituista yli 2 miljoonaa m3ktd ainesmäärästä, mikä vastaa noin 3,8 miljoonaa m3itd, lisäksi noin 1,2 miljoonaa m3itd on käytetty penkereisiin.

Padon- tms. vesirakennus käyttää mursketta paitsi betonirakenteisiin, myöskin louhetta sellaisenaan tai murskeena maapatojen ja luiskien eroosiosuojaksi kiviheitokkeina. Vuosittain käyttömäärät ovat pieniä.

2 Kiviainesten laatu

2.1 Laatuvaatimukset

Käymättä tarkemmin selvittämään eri käyttötarkoitusten sanelemia laatuvaatimuksia, voidaan todeta, että ne pääosin kohdistuvat kiviaineksen rakeisuuteen, lujuuteen ja tartuntaominaisuuksiin.

Rakeisuus määrää seoksen lujuuden ja sideainetarpeen. Rakeiden välitilojen täyttämiseen voidaan käyttää täytejauhetta. Rakeisuus määrää myös kosketus- eli tukipisteiden määrän ja siis massan lujuuden sekä rakeiden koko myös isku- ja kulutuskestävyyden. Lujuuteen vaikuttaa myös rakeiden muoto ja pinnanlaatu; pyöreistä, sileäpintaisista rakeista valmistettu massa ei ole niin luja kuin kulmikkaista, rosopintaisista rakeista valmistettu massa.

Murskatulla kiviaineksella on hiukan heikompi sulloutuvuus, mutta parempi sisäinen kitka kuin murskaamattomalla luonnonkiviaineksella, joten murskeen sekoittaminen luonnonkiviaineeseen lisää massan lujuutta.

Raepinnan sileys vaikuttaa myös tartuntaan, joskin siihen vaikuttavat myös mineraalikemialliset ominaisuudet. Maaöljytisleet tarttuvat paremmin tummiin, emäksisiin mineraaleihin kuin vaaleisiin, happamiin. Kiillepinkat lohkeavat helposti ja vaikka esim. bitumin tartunta kiilteeseen on hyvä, saattavat kiillepitoiset kivet irtautua asfalttipinnasta kiilleliuskojen irrotessa.

Sementillä sidottavat kiviainekset eivät saa sisältää humusta, joka estää sementtiliiman kovettumisen. Kiviaines ei saa myöskään sisältää liukasta talkkia eikä kiisuja, jotka rapautuessaan muodostavat rikkihappoa ja tuhoavat betonin.

2.2 Kiviainesten ominaisuudet

Suomen kivilajit sekä kalliossa että sorassa ovat yleensä hyvin lujia. Kallion ohuehkon pintaosan kivi saattaa olla heikkoa samoin kuin kallion ruhjevyöhykkeiden kivi on heikkoa. Räjäyttämällä irroitettu kiviaines yleensäkin on hivenen heikompaa kuin luonnon lajittelema harjukiviaines. Kivilajin lujuus riippuu mineraalirakeiden koosta ja laadusta sekä muodosta ja suuntautuneisuudesta. Jo vähäinen, aavistuksenomainen rapautuminen heikentää voimakkaasti kivilajin lujuutta irroittaessaan mineraalirakeet toisistaan. Rapautumisen löyhentämän kiven lujuus heikkenee suuresti kosteuden vaikutuksesta.

Suurirakeiset, vaaleat ja suuntautuneet kivilajit ovat heikkoja. Hienorakeiset, painavat, tummat suuntautumattomat kivilajit ovat lujia. Kvartsirikkaat kivet kestävät hyvin hionnanomaista kulutusta. Sarvivälkerikkaat kivet kestävät hyvin iskuja ja lämpötilan muutoksia. Kallion pintaosan kivi on usein heikompaa kuin sama kivilaji hiukan syvemmällä.

Taulukko 2. Kivilajien teknisiä ominaisuuksia.

KIVILAJI	TIHEYS	LOS ANGELES-LUKU	MUOTOARVO o/a	MUOTOARVO b/a	HAURAUS-ARVO	MURSK.-KERROIN	W_2	SEPELIN LAATU
Pegmatiitti	2.63	35	2.48	1.44	69	0.9	-	huono
Rapakivi	2.67	30	2.54	1.38	61	0.9	-	tyydyttävä
Pun. graniitti	2.66	25	2.60	1.44	56	0.9	15.0	hyvä
Harm. -"-	2.69	26	2.47	1.39	53	0.9	15.2	hyvä
Dioriitti	2.75	24	2.68	1.39	47	0.9	-	hyvä
Gabro	2.88	24	2.76	1.43	50	0.8	13.5	erinomainen
Diabaasi	2.81	19	3.14	1.52	46	0.6	17.1	hyvä
Gran. gneissi	2.70	25	2.43	1.41	56	0.9	-	hyvä
Kiilegneissi	2.75	24	2.51	1.39	50	0.8	-	hyvä
Kiilleliuske	2.76	21	2.72	1.52	53	0.8	-	tyydyttävä
Fylliitti	2.75	16	2.58	1.50	37	0.8	-	tyydyttävä
Amfiboliitti	2.82	16	3.31	1.70	48	0.6	-	hyvä
Vihreäkivi	2.86	13	2.96	1.49	46	0.6	-	hyvä
Leptiitti	2.65	16	3.00	1.59	46	0.7	-	tyydyttävä
Kvartsiitti	2.67	22	2.59	1.53	63	0.6	13.6	erinomainen
Kalkkikivi	2.73	41	2.60	1.45	74	1.0	12.7	heikko

Taulukko 3. Kivilajien puristus- ja vetolujuuksia.

näyte Ø 32 mm x 32 mm

kivilaji	pur.luj. kp/cm^2		vetolujuus kp/cm^2	
	kostea	kuiva	kostea	kuiva
pegmatiitti Seutula	795	2080	54	194
porf.graniitti Kimola	595	1600	64	176
sarviv.gneissi Tyynelä	1170	2360	107	224
kiilleliuske Toivola	610	2270	137	194
diabaasi Seutula	2100	2980	185	127

2.3 Louhinnan ja murskauksen vaikutus kiviainekseen

Louhinta voidaan katsoa murskauksen ensimmäiseksi vaiheeksi. Mitä runsaammin räjähdysainetta käytetään kallion tilavuusyksikköä kohden, sitä pienemmäksi kallio särkyy ja sitä heikommaksi kiviaines muuttuu. Erityisen voimakas tämä räjäytyksen kiveä heikentävä vaikutus on karkeakiteisissä, maasälpärikkaissa kivilajeissa, joiden lujuus muutenkin on vähäinen.

Eri kivilajit murskautuvat eri tavoin. Ne vaativat kukin oman ominaismurskausenergiansa ja samalla energiamäärällä saadaan eri kivilajeista erilaiset määrät eri lajitteita.

Taulukko 4. Eri kivilajien murskautuminen löysällä ja kireällä esimurskaimen asetuksella.

Lajite	graniitti		kiille-gneissi		amfiboliitti		somero	
	LosA. 28		LosA. 24		LosA. 20		20..50mm	
	A	B	A	B	A	B	A	B
20-20mm	50%	30%	40%	30%	60%	40%	50%	35%
6-12"	20"	20"	30"	25"	20"	20"	30"	25"
0- 6"	30"	30"	30"	45"	20"	40"	20"	40"

Myös murskaus vaikuttaa tuotteen lujuuteen, mutta suuremmat mahdollisuudet murskauksella on vaikuttaa tuotteen raemuotoon. Liuskeisilla kivilajeilla on taipumus murskattaessa pienentyä laattamaisiksi rakeiksi. Tiiviit ja erittäin lujat kivilajit murskautuvat puikkomaisiksi rakeiksi.

3 Yhteenveto ja hinnat

Kiviaineksen käyttö viimeksi kuluneiden viidentoista vuoden aikana on lisääntynyt runsaasti. Tienrakennuksen kohdalla vuotuinen käytön lisäys on ollut noin 10% ja talonrakennuksen alalla noin 6 %.

Tosin parin viime vuoden aikana tienrakennuksen ja kunnossapidon määrärahojen tosiasiassa vähentyessä myös kiviainesten käyttö on hiukan vähentynyt. Talonrakennuksen aktiivit viime vuodet ovat lisänneet kiviainesten käyttöä sillä sektorilla, mutta käytön kasvua hillitsevä käänne on tulossa sinnekin.

Tämä on luonnonvarojen käyttöä ajatellen lohduttavaa, mutta lohduttavaa ei luonnollisestikaan ole se, ettei asuntoja vaan vieläkään ole tarpeeksi, eikä se, etteivät liikenneyhteydet asutuskeskusten lähellä ja välillä vieläkään ole täysin tyydyttävät, eikä se, että jo rakennetut tiet rappeutuvat hoidon puutteessa.

Murskaus- ja louhintatekniikan kehittyminen piti murskaustuotteiden hinnan elinkustannusindeksiin verrattuna samanhintaisena vuosikymmenenajan, samalla kun luonnonainesten hinta nousi. Luonnonainesten hintaa nosti yhä pitenevät kuljetusmatkat. Tästä oli seurauksena se, että suuremmissa asutuskeskuksissa luonnonainesten ja murskeiden seulotut lajitteet olivat jo suunnilleen samanhintaiset.

Tuotteen hinta riippuu hyvin monista tekijöistä, ennenkaikkea kuitenkin lähtömateriaalin ja tuotteen raekokojen suhteesta. Tarkasteltaessa TVL:n eri piirien erilaisten murskesorien valmistuksesta vuosien 1968...1973 aikana urakoitsijoille maksamia hintoja, havaitaan hinnan olevan kääntäen verrannollinen tuotteen ylärajaan seuraavan yhtälön mukaisesti.

Murskaushinta (mk/m3itd) = a x lajiteraja (mm) + b
missä a = -0,018
b = 4,80
keskimäärin vuosina 1968-1973 ja kasvaa n. 30 p/v eli on nyt 5,80.

Tämän yhtälön antamat tulokset eivät päde kaikkein hienoimmissa eikä karkeimmissa murskeissa, mutta murskeissa 0-20...0-80 mm suurin piirtein. Hienoissa murskeissa murskaushinta on ollut huomattavasti korkeampi. Tilastot osoittavat myös, että kuutiohinta on ollut yhtälön antamaa korkeampi sellaisina vuosina kun murskaamista on ollut paljon. Samoin ne osoittavat, että Lapin ja Oulun piirien murskaukset ovat maksaneet enemmän; Kuopion, Mikkelin ja Hämeen piirien murskaukset vähemmän kuin yhtälön antama keskihinta.

Vuosina 1968-1973 ovat tierakennus- ja kunnossapitokiviainesten hinnat olleet keskimäärin seuraavat:

	rakennus	kunn.pito
suodatin- ja eristyskerroksen hiekka	0,35 mk/m3itd	
jakavan kerroksen kiviaines	0,54 - " -	1,90 mk/m3itd
kantavan kerr. sitomaton kiviaines	4,82 - " -	7,30 - " -

Kiviaineskaupan hinnat kulutuskeskuksen jakelupaikalla ovat korkeammat, esimerkiksi eristys- ja suodatinkerroksen hiekka maksaa n. 4,20 mk/m3itd, jakavan kerroksen aines maksaa 3,50 ... 4,20 mk/m3itd, 0-20 murskesora 9,10 mk/m3itd ja 0-32 murskesora 8,10 mk/m3itd, 0-30 mm murske 15,40 mk/m3itd ja 0-70 mm murske 13,30 mk/m3itd; 6-12 mm sepeli 18...20 mk/m3itd.

Aineksen hinta valmiissa rakenteessa on luonnollisesti paljon korkeampi. Voidaankin laskea, että valmiin, sitomattoman kantavan kerroksen hinnassa maantiellä on miestyön osuus 0,3 kertaa kiviaineshinta, jakavan kerroksen hinnassa 0,7...1,8 kertaa ja suodatin- tai eristyskerroksen hinnassa 2,3 kertaa kiviaineshinta. Konetyön osuudet ovat vastaavasti 0,5...0,6 kertaa,

1,3...2,9 kertaa ja 4,1 kertaa kiviaineshinta, sekä kuljetusten osuudet : kantava kerros 0,7...0,9 kertaa, jakava kerros 2,5...6,7 sekä suodatin- ja eristyskerros 13 kertaa kiviaineshinta.

Kertauksena vielä mainittakoon, että lajittunutta luonnonainesta sellaisenaan käytetään rakennustarkoituksiin maassamme noin 28 miljoonaa m3itd (63 %), luonnonainesta murskattuna käytetään noin 13 miljoonaa m3itd (29 %) ja kallioainesta murskattuna noin 3,5 miljoonaa m3itd (8 %), sekä murskaamattomana lisäksi noin 1,2 miljoonaa m3itd. Edelleen käytetään noin 23 miljoonaa m3 tarkemmin lajittelemattomia ja määrittelemättömiä kiviainesmassoja täytteisiin tms. toisarvoisiin tarkoituksiin.

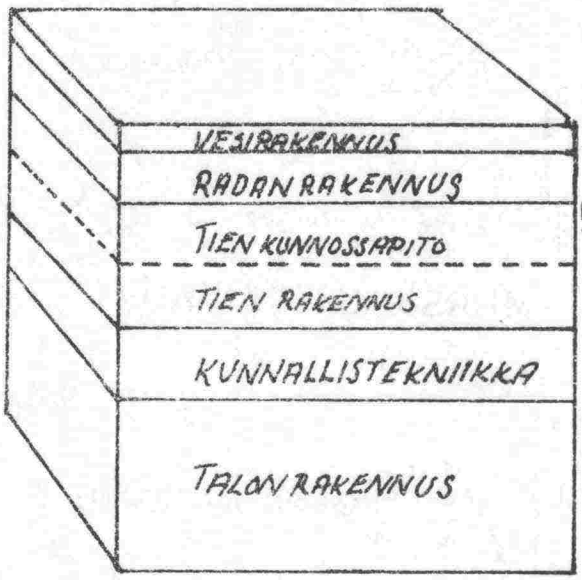
Suuren kulutuskeskuksen, Helsingin, kiviaineksesta noin 60 % on luonnonkiviainesta, noin 15 % murskattua luonnonkiviainesta ja noin 25 % kalliosta murskattua ainesta.

Murskaamattomasta luonnonaineksesta talonrakennus käyttää 41 %, kunnallistekniikka 17 %, tienrakennus ja -kunnossapito 28 %, radanrakennus 6 % ja vesirakennus 8 %. Murskatun luonnonaineksen käyttö jakaantuu seuraavasti: talonrakennus 16 %, kunnallistekniikka 3 %, tienrakennus ja -kunnossapito 81 %. Kalliosta murskatun aineksen käyttö jakaantuu: kunallistekniikka 3 %, tienrakennus ja -kunnossapito 81 % ja radanrakennus 16 %. Kaikista korkealuokkaisista, laadultaan määritellyistä kiviaineksista (45,5 milj. m3) käyttää talonrakennus 30 %, kunnallistekniikka 12 %, tienrakennus ja -kunnossapito 48 %, radanrakennus 8 % ja vesirakennus 8 %.

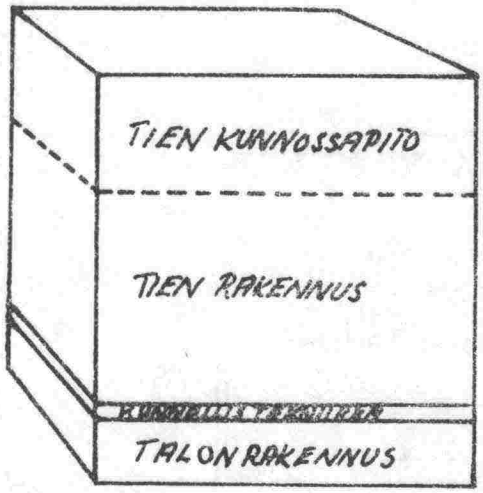
Luonnonsora-ainekset riittävät, ellei kulutus kasva, vielä reilusti 125 vuotta, mutta jos kulutus kasvaa 6-10% vuosivauhdilla, niin soravaramme loppuvat noin vuoteen 2010 mennessä.

VUOSITTAIN KÄYTETYT KIVIAINESMASSAT

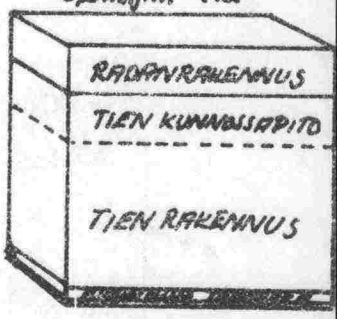
LAJITTUNUT LUONNONAINES
26,5 milj. m³ itd



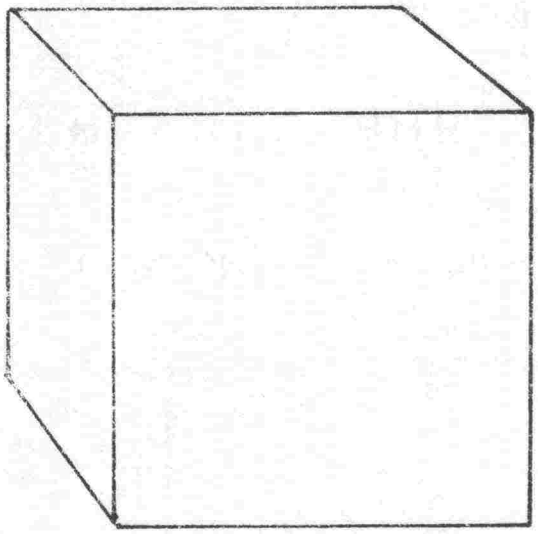
MURSKATTU LUONNONAINES
12,8 milj. m³ itd



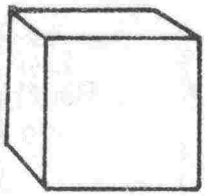
KALLIOSTA MURSKATTU
3,2 milj. m³ itd



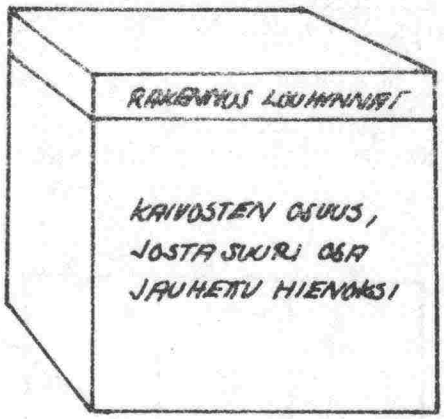
TASOITUKSIIN JA TÄYTTEISIIN
KÄYTETTY KIVIAINES
23 milj. m³ itd.



PENKEREIHIN
KÄYTETTY
LOUHE
7,2 milj. m³

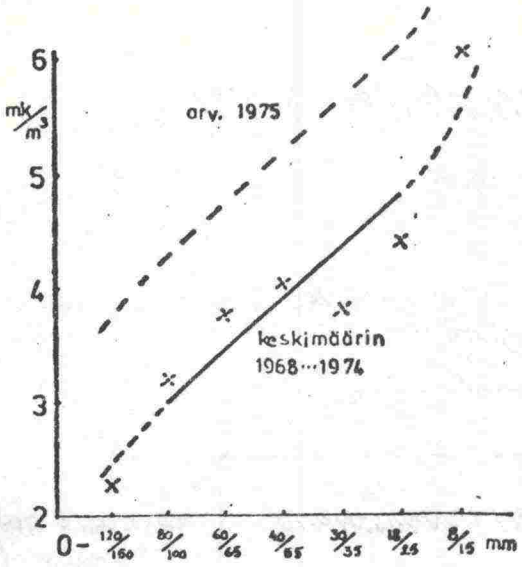


KÄYTTÄMÄTTÄ JÄÄNYT
LOUHE
10,5 milj. m³ itd.

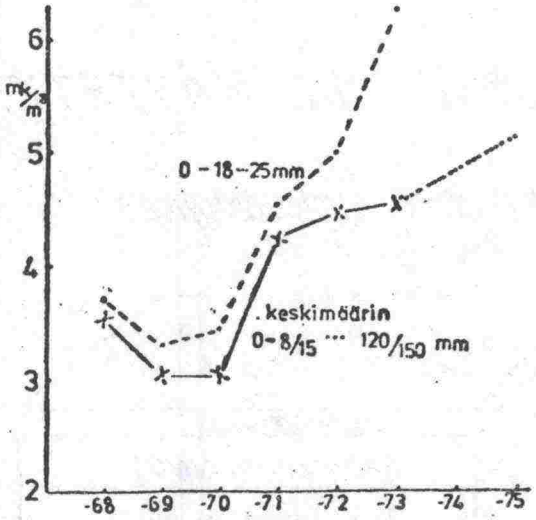


VUOSITTAIN IRROTETAAN JA SIIRRETÄÄN YHT. LÄHES 80 milj. m³ itd

MURSKESORALAATUJEN TEKOHINTA

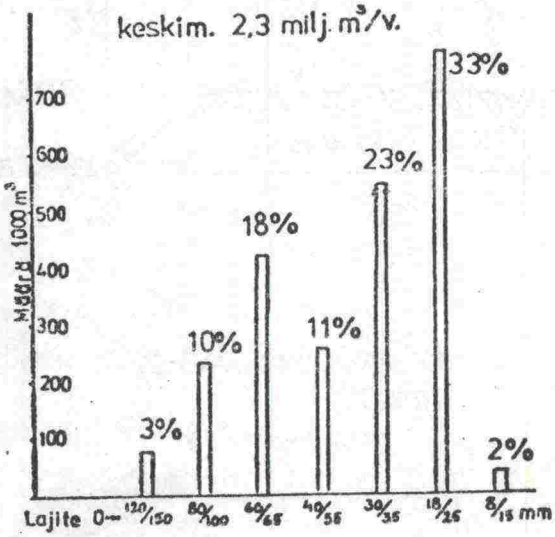


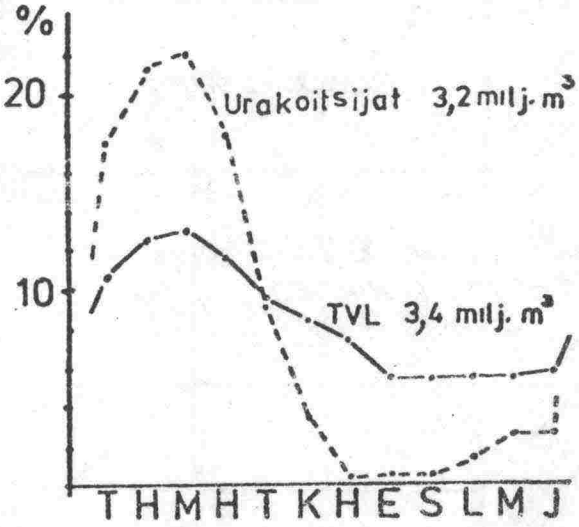
SORAMURSKAUSHINNAN NOUSU



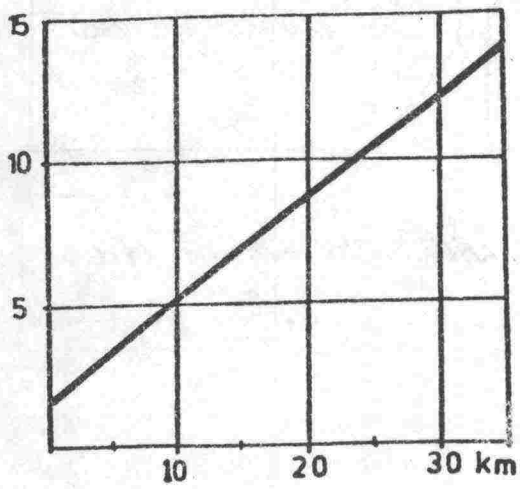
MURSKAUS KUUKAUSI

Urak. mursk. TVL:lle 1968-73

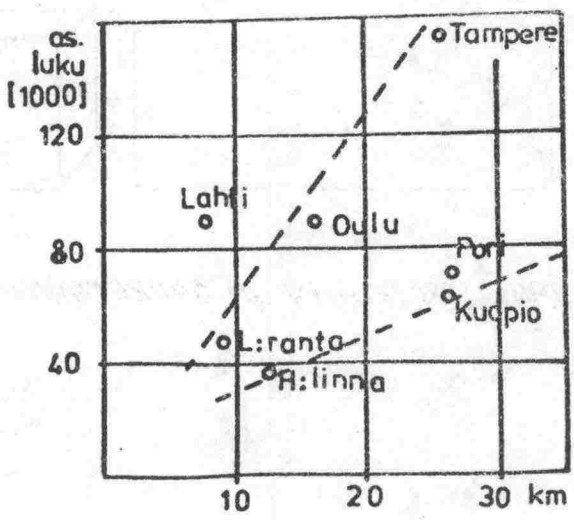




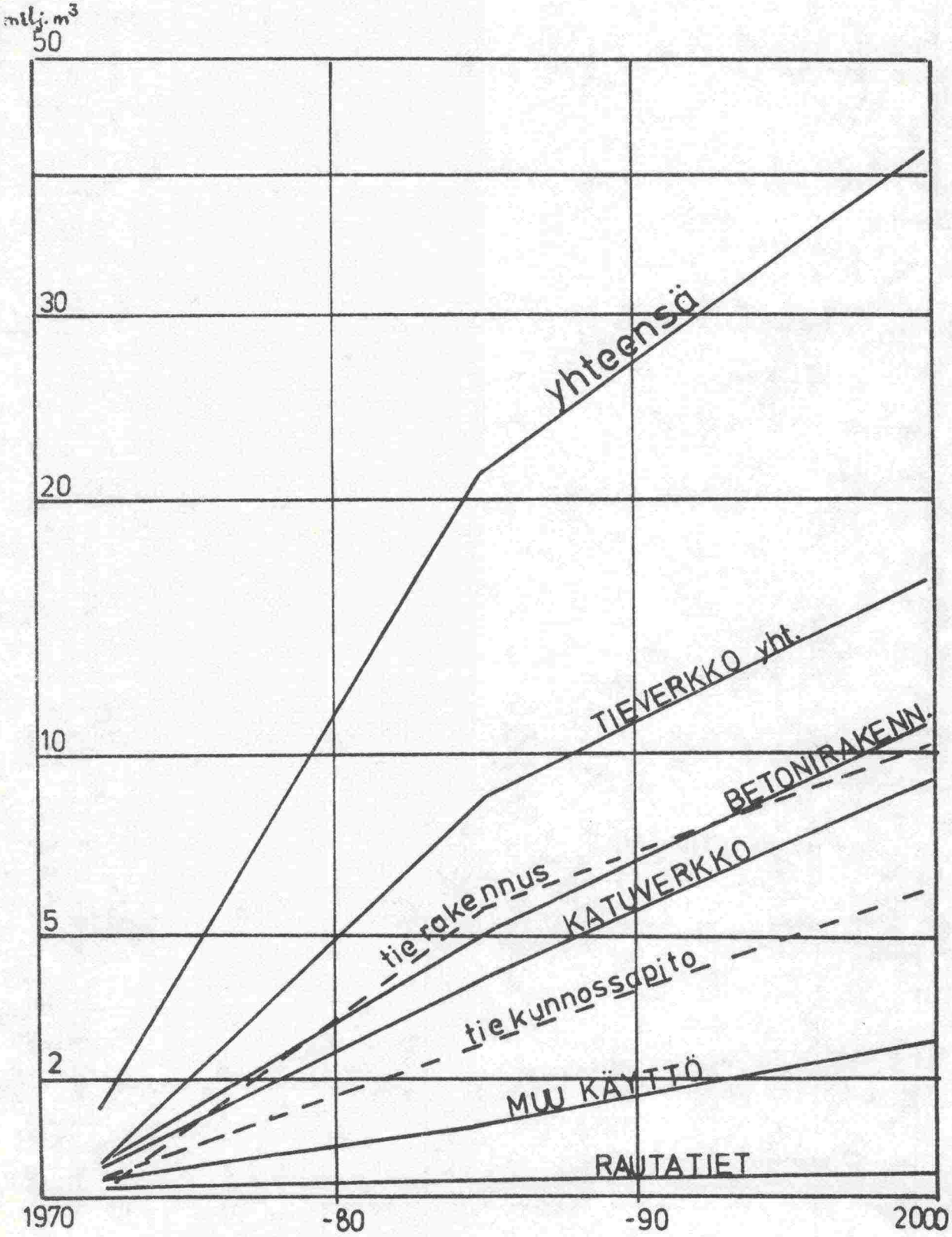
KIVIAINEKSEN KULJETUSHINNAT



KESKIMÄÄR. KULJETUSETÄISYYS



SORAN KULUTUS PÄIJÄT-HÄMEESSÄ



J. Salonen

URAKOINNIN SEKÄ OMAN MURSKAUS-KALUSTON KÄYTÖN OHJELMOINTI

sivu

J. Salonen

URAKOINNIN SEKÄ OMAN MURSKAUS-KALUSTON KÄYTÖN OHJELMOINTI

1 Johdanto

Murskauslaitosten käyttö tierakentamisessa on viime vuosina kasvanut voimakkaasti rakentamisen määräysten kehittyessä ja käytettävien materiaalien laadulle asetettavien vaatimusten kasvaessa. Toisaalta on jo nyt alueittaisena ilmiönä havaittavissa selvää puutetta laadullisesti kelvollisista kiviaineksista. Luonnon kiviainesmateriaalien jalostaminen on tullut siten yhä merkittävämmäksi. Vuosittain murskataan tie- ja vesirakennuslaitoksessa teiden päällysrakenteisiin ja kunnossapitoon n. 10 milj. m3itd kiviainesta, joka rahallisesti vastaa lähes 10 % määrärahoista, joten urakoinnin sekä oman murskauskaluston käytön ohjelmointiin tulisi kiinnittää nykyistä enemmän huomiota.

2 Kokonaissuunnittelu

Kokonaisvaltaisella, keskitetysti hoidetulla, tarkoituksenmukaisella murskaustuotannon suunnittelulla on mahdollista:

- työllistää oma kalusto mahdollisimman tehokkaasti ja tasaisesti,
- poistaa murskaushuiput ja saada koko murskaustoiminta mahdollisimman ympärivuotiseksi,
- murskauskaluston tarpeen kartoittaminen,
- saada pienienkin hankkeiden murskaustarpeet mukaan ohjelmointiin, jolloin niille taataan materiaalit raaka-aineen puutteesta huolimatta,
- alentaa kustannuksia käyttämällä omaa murskauskalustoa kustannushuippujen tasaamiseen.

3 Nykyinen käytäntö

Piireissä laaditaan nykyisen käytännön mukaan vuosittain murskaustyöohjelma, joka koskee omilla laitoksilla sekä urakalla tehtävää murskausta. Tämä ohjelma laaditaan kunkin käyttövuoden tammi-helmikuussa.

Nykyisen käytännön suurimpana heikkoutena pidän sitä, että ohjelmavuosi on sama kuin kalenterivuosi. Murskaustyö tapahtuu pääasiassa loka-toukokuussa, joten murskaustyöohjelman laatiminen osuu juuri kiihkeimpään murskausaikaan. Tällöin oma kalusto on ohjelmoitu talvikaudeksi, samoin kuin pääosa talven muista töistä on jo annettu urakalla suoritettavaksi, joten murskaustyöohjelman laatiminen jää pelkäksi kirjaamistehtäväksi tammi-elokuun osalta, eikä varsinaiseen ennakkosuunnitteluun sekä ohjelmointiin ole tarvinnut kiinnittää paljonkaan huomiota.

Laatimishetkellä tammi-helmikuussa on yleensä varmuudella tiedossa investointikohteista ainoastaan kesällä päällystettävät kohteet, kun taas syyskauden murskauksista ei rahoituksen epävarmuuden johdosta ole kovinkaan paljon tietoa.

Vuosittain tehdään n. 20-30 % murskaustyöohjelmassa suunnittelemattomia murskaustöitä, mihin suurimpana syynä on vuosittain annettavat lisämenoarviot ja työllisyysohjelmat, jotka eivät laatimishetkellä ole tiedossa, mutta lienee osansa myöskin puutteellisella ohjelmoinnilla. Ohjelmointi on siten suunnittelematonta.

Edelleen nykyisessä ohjelmoinnissa on todettu olevan seuraavia puutteita:

- yhteistyö eri toimialojen kesken on ollut riittämätöntä, johon liittyy myös konetoiminnan itsenäisyys,
- kaluston sopimattomuus vaativiin murskaustöihin,
- materiaalien puutteelliset ennakkotutkimukset.

Edellä mainittujen seikkojen johdosta on oma murskauskalusto (jälleenhankinta-arvo n. 40 mmk) ollut osin huonosti kannattavaa ja urakoinnin sekä oman kaluston välisessä ohjelmoinnissa on käytetty käytännön kirjoittamattomia peukalosääntöjä.

4 Ehdotus murskauskaluston käytön ohjelmointiin

Tässä ehdotuksessa murskauksen ohjelmavuosi on muutettu alkamaan syyskuun alusta, jolloin se vastaa käytännössä murskaustöiden ajoittumista. Liitteen 1 mukaisessa kaaviossa on otettu esimerkiksi murskausohjelman laatiminen kaudeksi 1975-1976. Kaavion mukaan murskaustyön ohjelmointi alkaisi syksyllä 1974 TAB-tarkistuksen yhteydessä, jolloin tarkistetaan vuotta 1975. Tällöin on jo tiedossa valtiovarainministeriön esitys tulo- ja menoarvioksi 1975, jonka pohjalta laaditaan tarkistettu toimintasuunnitelma.

TAB-tarkistuksen yhteydessä laadittaisiin työmailla ja tiemestaripiireissä liitteen 2 mukainen murskaustyöohjelmailmoitus kauden 1975-1976 murskaustuotetarpeista. Jo tällöin on harkittava tarkoin kiristyneiden ympäristönsuojeluvaatimusten johdosta sopiva murskauspaikka sekä päällystekoneasemapaikka. Huomautussarakkeessa voi ilmoittaa erikoistietoja ja toivomuksia, kuten esimerkiksi etumurskaimen toivottu koko jne. Tämän jälkeen laadituista ilmoituksista tehdään piirikonttorilla yhteenveto eli alustava murskausohjelma.

Alustavan murskausohjelman laatimisessa sekä erityisesti varsinaisessa murskausohjelmoinnissa myöhemmin tulee ottaa huomioon mm. seuraavaa:

- Ohjelmoinnissa on lähdettävä siitä, että oma kalusto työllistetään mahdollisimman tehokkaasti ja huomioon ottaen sen sopivuus.
- Hankkeilla sekä tiemestaripiireissä tulisi ottaa huomioon useamman vuoden murskaustuotetarpeet, jotta saataisiin suuria murskauskokonaisuuksia.
- Huippujen tasaus hoidetaan ensisijaisesti urakoinnilla ja toissijaisesti oman kaluston vuorojärjestelyillä.
- Murskaustöiden ajoitus on pyrittävä saamaan mahdollisimman ympärivuotiseksi, jolloin tarvittavan kaluston määrä sekä tällöin myös pääomakustannukset pienenevät.
- Kallionmurskaustyöt sopivat parhaiten urakalla tehtäväksi. TVL:lla ei ole omaa louhintakalustoa, jolloin pitäisi ottaa aliurakoitsija. Parhaaksi ratkaisuksi on kuitenkin

todettu se, että sama urakoisija sekä louhii että murskaa; on esiintynyt selviä vaikeuksia louhekoossa, ajoituksessa ym., kun on kaksi yksityistä tai TVL ja yksityinen.

- Samoin voidaan materiaalin puutteen johdosta menetellä suurikivisen soran ollessa kysymyksessä, jolloin urakoitsijalle voidaan asettaa etumurskainta koskeva minimivaatimus.

  Tässä yhteydessä on korostettava kiviainesten ennakkotutkimusten tärkeyttä. Jotta eo. etumurskaimen kokovaatimus voidaan asettaa tarjouspyyntöihin, on tiedettävä kuinka monta prosenttia materiaalista on esim. > 400 mm. Tämän johdosta ei korosteta turhaan koneella suoritettuja tutkimuksia.

- Raakasoran hinta: soranhankintapolitiikan (tietoimitus, hinnat) säätelemiseksi ei aina voida ostaa soraa, vaan on ostettava valmista tuotetta.

  Tällaisia alueellisia esiintymiä on seuduilla, missä elinkeinonaan materiaalin myyntiä harjoittavat yksityiset omistavat soravarat. On tapauksia, missä pitkillä ajomatkoilla urakkahinta on ollut pienempi kuin kuljetuskustannukset, jolloin on syytä lisätä työtä ja pyytää materiaali valmiina rakenteessa (mk/m3rtr).

- Myöhemmin suoritettavan ohjelmoinnin yhteydessä on kaaviossa esitetty mahdollinen urakkalaskentakierros, joka tarkoittaa sitä, että olisiko piirin murskauksista pyydettävä urakkatarjoukset ja sovitettava omaa murskauskalustoa hintahuippujen tasaamiseen.

  Urakkahintaan ei kuitenkaan ole syytä liittää selvästi omalla kalustolla tehtäviä töitä.

- Kaaviossa on lisätyöohjelmien ym. seurauksena merkitty katkoviivoilla mahdollinen ohjelman tarkistus- ja urakkalaskentakierros.

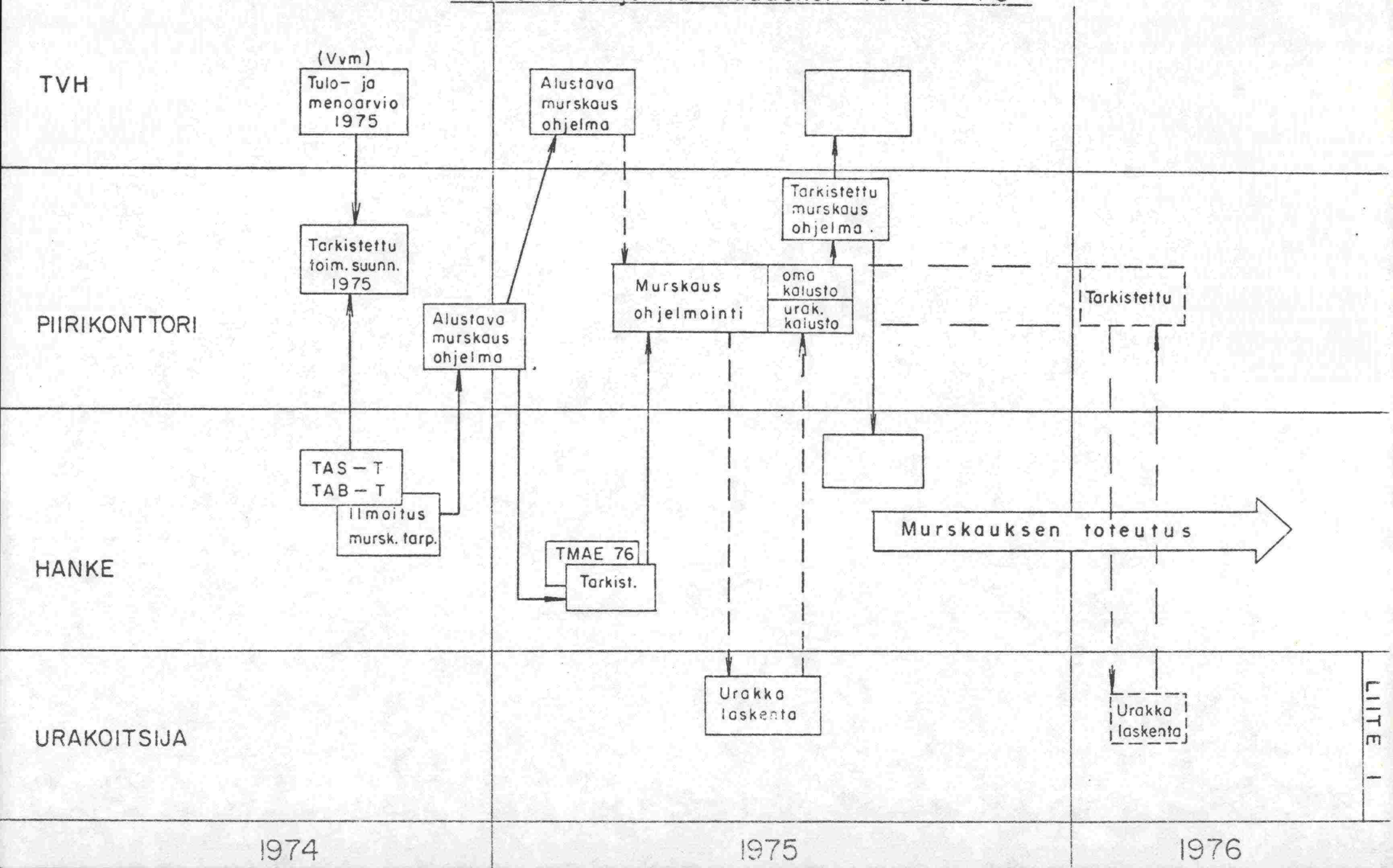
Alustava työohjelma lähetettäisiin TVH:lle sekä hankkeille tarkastettavaksi 1975 helmikuussa, jolloin laaditaan tulo- ja menoarvioesitystä vuodelle 1976. Hankkeet lähettävät uusien tietojen pohjalta omalta osaltaan tarkistetun ohjelman takaisin piirikonttorille, jossa alkaa murskaustyön varsinainen ohjelmointi. Tässä ohjelmoinnissa otetaan lopullisesti huomioon edellä luetellut seikat.

Murskaustyön varsinaisen ohjelmointityön aikana tulee esille uusia lisätyöohjelmia, tarkistettua tietoutta syksyn 1975 työllisyysohjelmasta, syksyn 1975 työohjelman tarkistus sekä lopullista tietoutta vuoden 1976 tulo- ja menoarviosta, joiden vaikutukset on otettava huomioon ohjelmointia suoritettaessa. Ohjelmointityön aikana voidaan suorittaa piirin murskauksesta urakkalaskentakierros, jonka jälkeen voidaan lopullisesti työt jakaa oman kaluston ja urakoitsijan kaluston kesken.

Siinä tapauksessa, että keskitettyä urakkalaskentakierrosta ei suoriteta, ratkaistaan ensin mitkä kohteet tehdään omalla kalustolla ja mitkä urakoitsijan kalustolla, joista sitten pyydetään urakkatarjoukset. Täten tarkistettu murskaustyöohjelma on saanut lopullisen muotonsa ja murskauksen toteutus voi alkaa.

Piirikonttorilla asioita käsittelemään tulisi perustaa murskaustyön ohjelmointiryhmä. Tähän ohjelmointiryhmään tulisi nimetä edustus kunnossapitotoimialalta, tierakennustoimialalta sekä konetoimistosta.

Murskausohjelma kaudeksi 1975 – 76



LIITE 1

Liite 2

MURSKAUSTYÖOHJELMAILMOITUS KAUDELLE .....

Hanke n:o ..... Työ n:o .....

Hankkeen nimi ja sijaintikunta .....

.....

.....

Materiaalinottopaikka .....

.....

Murskauspaikka .....

- lähin asutus .....

- voimalinjan etäisyys .....

Varastopaikka .....

- lähin asutus .....

- voimalinjan etäisyys .....

Kiviaineksen ennakkotutkimukset .....

.....

.....

Tiedot vedenottamoista .....

.....

.....

Lupa-anomus terveyslautakunnalle .....

.....

Käyttötarkoitus	Lajike mm	Määrä m3 i.td	Työaika	Huomautuksia

.....kuun .....p:nä.....

A. Ukkonen

MURSKAUSTOIMINNAN TALOUDELLINEN SUUNNITTELU JA VALVONTA

sivu

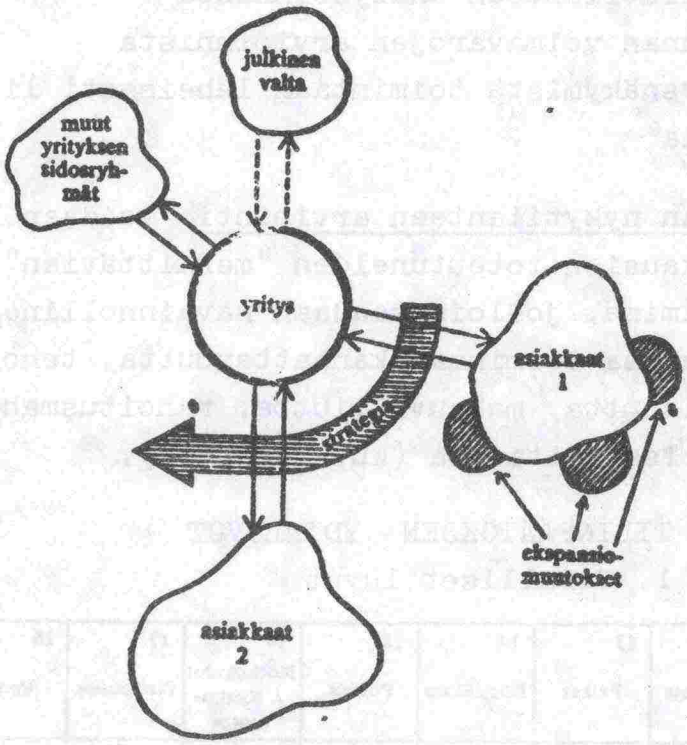
A. Ukkonen

MURSKAUSTOIMINNAN TALOUDELLINEN SUUNNITTELU JA VALVONTA

1 Murskaustoiminnan taloudelliset perusteet

1.1 Yleistä

Murskaustoimintaa harjoittava yritys joutuu toimimaan ja mukautumaan tulevaisuudessa yhä enenevässä määrin asiakkaittensa ja muiden sidosryhmiensä vaatimuksiin (kuva 1).



Selviytyäkseen jatkuvasti muuttuvissa olosuhteissa sekä vaatimusten että rajoitusten ristitulessa on murskausalan yrityksen määriteltävä toimintatapansa ja tavoitteensa pitemmällä tähtäyksellä niin, että ne soveltuvat muuttuviin olosuhteisiin. Edellä olevalla tarkoitetaan sitä, että tulevaisuuden toiminta ei voi enää pohjautua uskomukseen, että kun aikaisemmin on toimittu näin ja kaikki on mennyt hyvin, niin kyllä se inertian lain vaikutuksesta edelleenkin jatkuu samanlaisena.

Toiminnan myönteisen jatkumisen perustan tulee tulevaisuudessa muodostamaan se, että varaudutaan muutoksiin riittävän varhaisessa vaiheessa laatimalla toiminnalle pitkän tähtäyksen suunnitelma strategisine vaihtoehtoineen.

1.2 Pitkän aikavälin suunnittelun perusteet

Pitkän tähtäyksen suunnittelun perusteet muodostuvat
- toiminnan nykytilanteen arvioista
- yleisistä kehitysennusteista
- ympäristötekijäin vaikutuksen arvioinnista
- kilpailutilanteen analysoinnista
- toiminnan voimavarojen arvioinnista
- kehitysnäkymistä toimintaan läheisesti liittyvillä aloilla

Toiminnan nykytilanteen arviointi voidaan tehdä edellisten kausien toteutuneiden "merkittävien" lukujen yhdistelminä, jolloin saadaan havainnollinen kuva arvosteltaessa toiminnan kannattavuutta, tehokuutta, taloudellisuutta, maksuvalmiutta, rahoitusmahdollisuuksia ja riskialttiutta (kuvat 2 ja 3).

Kuva 2 TILINPÄÄTÖKSEN YDINLUVUT
1. Viralliset luvut

10	11		12		13		14		15		16		17		18						19	
Vuosi	Liikevaihto		Myyntikate		Palkat		Käyttökate		Poistot		Korkokulut ./. Korkotuotot		Nettotulos		Verot		Verotettava tulo				Vahvistettu tappiojäämä	
	mk 1 000	Muutos %	mk 1 000	% Liikevaihto	mk 1 000	% Lv.	mk 1 000	% Lv.	mk 1 000	% Lv.	mk 1 000	% Lv.	mk 1 000	% Lv.	mk 1 000	% Lv.	Valtio mk	% Lv.	Kunta mk	% Lv.	mk	mk
1963	17 000		1 300	7,7	300	1,8	850	5,1	580	3,5	90	0,5	90	0,5	90	0,5	200	1,2	200	1,2		
1964	22 000	+29,1	1 800	8,2	400	1,9	1 200	5,5	800	3,7	120	0,6	140	0,6	50	0,2	200	0,9	200	0,9		
1965	29 000	+32,2	2 300	7,8	580	2,0	1 400	4,8	800	2,8	200	0,7	180	0,6	80	0,3	280	1,0	280	1,0		
1966	30 000	+ 3,3	2 800	9,5	1 000	3,4	1 250	4,2	850	2,9	140	0,5	200	0,7	80	0,3	270	0,9	340	1,2		
1967	50 000	+67,2	5 000	10,0	1 500	3,0	2 200	4,4	1 200	2,4	230	0,5	310	0,6	340	0,7	650	1,3	800	1,6		
1968	70 000	+40,0	6 400	9,1	1 900	2,8	3 000	4,3	1 800	2,5	250	0,4	360	0,5	450	0,7	800	1,1	1 100	1,6		
1969	90 000	+28,5	7 800	8,7	2 200	2,4	3 500	3,9	2 200	2,4	260	0,3	500	0,5	540	0,6	900	1,0	1 400	1,6		
1970	140 000	+55,5	10 200	7,3	3 200	2,3	5 600	4,0	2 300	1,7	600	0,4	210	0,2	850	0,6	950	0,7	2 200	1,6		
1971	120 000	−14,2	7 600	6,2	2 500	2,1	4 900	4,1	2 300	1,8	640	0,5	140	0,1	540	0,4	1 050	0,9	1 900	1,6		
1972	170 000	+41,6	13 000	7,8	4 300	2,5	7 100	4,2	2 500	1,5	1 000	0,7	290	0,2	770	0,5	1 400	0,8	2 700	1,6		

Kuva 3 Tärkeimmät kilpailijat.

Tuoteryhmä A	v. 1970				v. 1971				v. 1972			
	mk 1 000	määrä 1 000	Br-T %	M-os. %	mk 1 000	määrä 1 000	Br-T %	M-os. %	mk 1 000	määrä 1 000	Br-T %	M-os. %
Kilpailijat:												
Kilpailija x	11 100	350	~30	6,7	14 000	400	~31	6,8	15 200	420	~29	6,4
Kilpailija y	9 000			4,8	10 300			5,6	15 100			6,4

Yleiset kehitysennusteet perustuvat julkisen hallinnon ja yksityisten tutkimuselinten sekä pankkien laatimiin tilastoihin ja julkaisuihin tulevaan kehitykseen vaikuttavista tekijöistä sekä koko kansantalouden että alakohtaisesta kehityksestä. Raportit sisältävät yleistaloudellisten näkymien ohella myös hinta- ja kustannuskehitystä kuvaavia lukuarvoja.

Ympäristötekijäin arviointi perustuu nykytilanteen kartoitukseen ja niihin muutostekijöihin, jotka ovat odotettavissa tulevina vuosina ja joista yleensä on jo suunnitteluhetkellä merkkejä olemassa.

Murskaustoiminnan osalta on ympäristötekijäin kehitystrendinä selvästi havaittavissa ympäristönsuojelullisten samoinkuin työturvallisuuden ja työhygienian vaatimusten kiristyminen sekä laitosten sijoittamisen että niiden sisäisen teknologian suhteen. Samoin tulevat murskaukseen käytettävien luonnonvarojen so. soran käytön rajoitukset vaikuttamaan merkittävästi murskaustoimintaan ja sen investointeihin.

Kilpailutilanteen analysointi edellyttää alan kokonaiskapasiteetin selvittelyä ja alalla toimivien yritysten toimintatapojen, taloudellisten edellytysten ja rajoitusten analysointia, ottaen murskausalalla huomioon myöskin julkisen hallinnon, joka samalla on suurin tilaaja, oman kapasiteetin kehityksen ja strategian.

Toiminnan voimavarojen arvioiminen edellyttää teknisten voimavarojen, taloudellisten voimavarojen, inhimillisten voimavarojen ja voimavaroihin liittyvien rajoitusten määrittelyä.

Kehitysnäkymät toimintaan läheisesti liittyvillä aloilla ovat tärkeitä, koska ne oleellisesti vaikuttavat murskaustoiminnan kokonaisnäkymiin ja muovaavat suuntaviivat tulevalle kehitykselle. Murskaustoiminnan kannalta voidaan siihen läheisesti liittyvän rakennustoiminnan kehityksen perusteella todeta mm.:

- että toiminnan volyymi on kasvusuunnassa ja että kasvun painopiste on suuntautumassa enemmän louheen käyttöön murskeen raaka-aineena
- siirtyminen enemmän louhemurskaukseen samoinkuin lisääntyvät ympäristö- ja työturvallisuusvaatimukset edellyttävät murskaustoimialalta jatkuvasti lisääntyviä investointeja
- rakennustoiminnan luonteen muuttuminen, esim. teiden kunnossapidon lisääntyminen rakentamiseen verrattuna samoinkuin pientalojen kasvun osuus asuntotuotannosta voi aiheuttaa muutoksia murskaustuotteiden laatuun.

1.3 Murskaustoiminnan kustannusrakenne

Murskaustoiminnan kustannukset voidaan niiden toimintaan lyhyellä ajanjaksolla (esim.vuosi) sidotun kiinteyden perusteella jakaa kiinteisiin ja muuttuviin kustannuksiin seuraavasti:

Kiinteät kustannukset
- laitosten ja koneiden pääomakustannukset
- laitosten ja koneiden vakuutuskustannukset
- laitosten ja koneiden käyttö, henkilöstön palkka- ja sosiaalikustannukset
- työnjohtokustannukset
- yrityksen yleiskustannukset

Muuttuvat kustannukset
- korjaus- ja huoltokustannukset (oman korjaustoiminnan osalta vain varaosat ja tarvikkeet)
- käyttövoima- ja polttoainekustannukset
- ulkopuoliset palvelukset (esim. vieraat korjaukset, vieraat kuormaajat ja k-autot)
- siirtokustannukset
- työntekijäin matka- ja päivärahat

Tarkasteltaessa kustannusten jakautumia pelkän murskaustoiminnan osalta (ilman raaka-aineen hintaa, kuormauksia ja kuljetuksia) todetaan kiinteiden kustannusten olevan toiminnassa täysin hallitsevia kuten seuraavasta yhdistelmästä havaitaan.

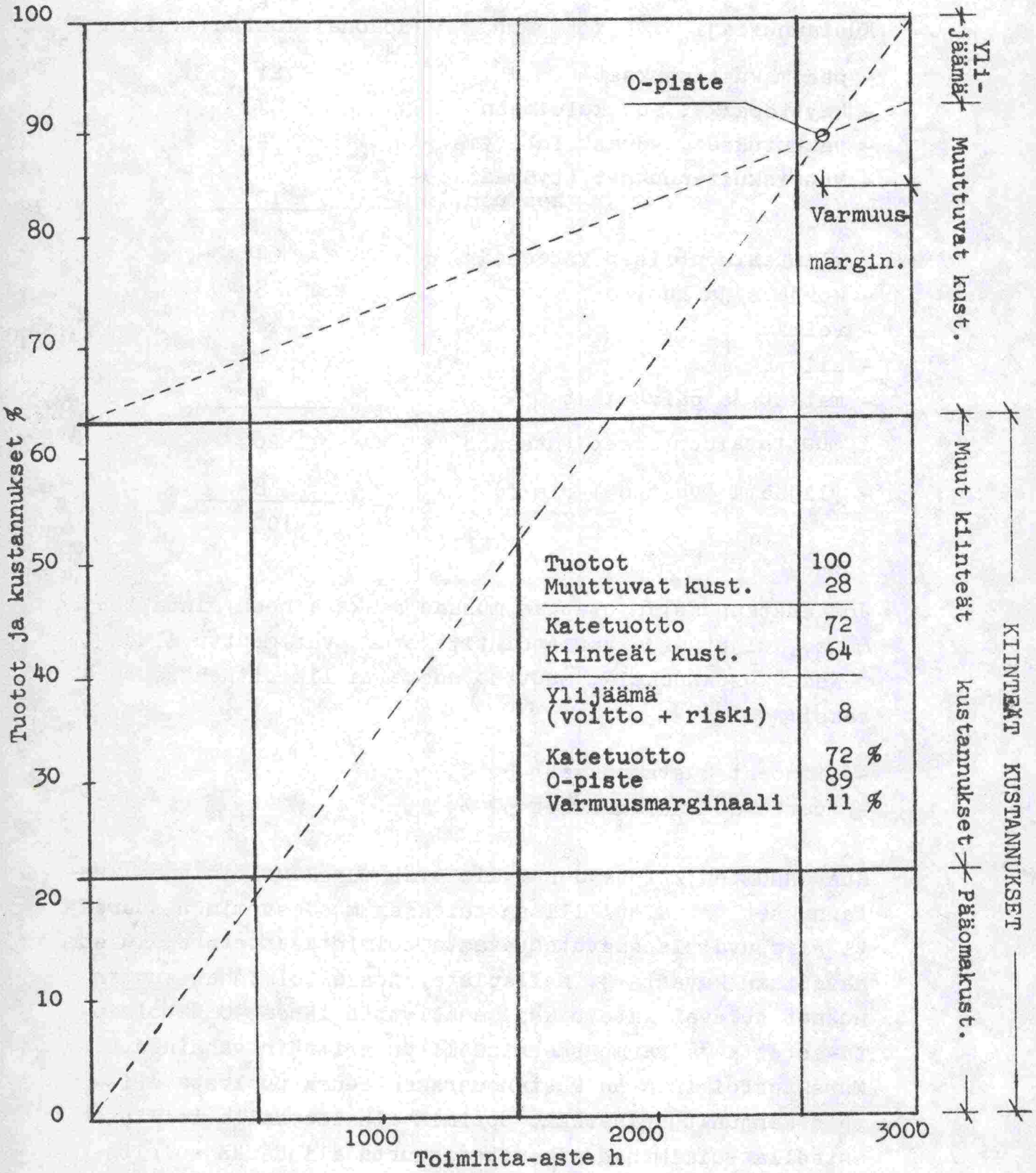
Kustannuslaji	% Kokonaiskustannuksista
- pääomakustannukset	21
- käyttöpalkat sos.kuluineen	27
- vakuutukset, varastointi yms.	4
- yhteiskustannukset (työmaataso+ keskush.)	12
kiinteäluonteiset yhteensä	64
- korjaus ja huolto	8
- voima	12
- siirto yms.	4
- matkat ja päivärahat	4
muuttuvaluonteiset yhteensä	28
- ylijäämä (voitto + riski)	8
	100

Jos kustannuksiin otetaan mukaan raaka-aineen hinta, kuormaus, kuljetus ja varastointi, jotka ovat muuttuvaluonteisia kustannuksia, muuttuu asetelma likipitäen seuraavaksi:

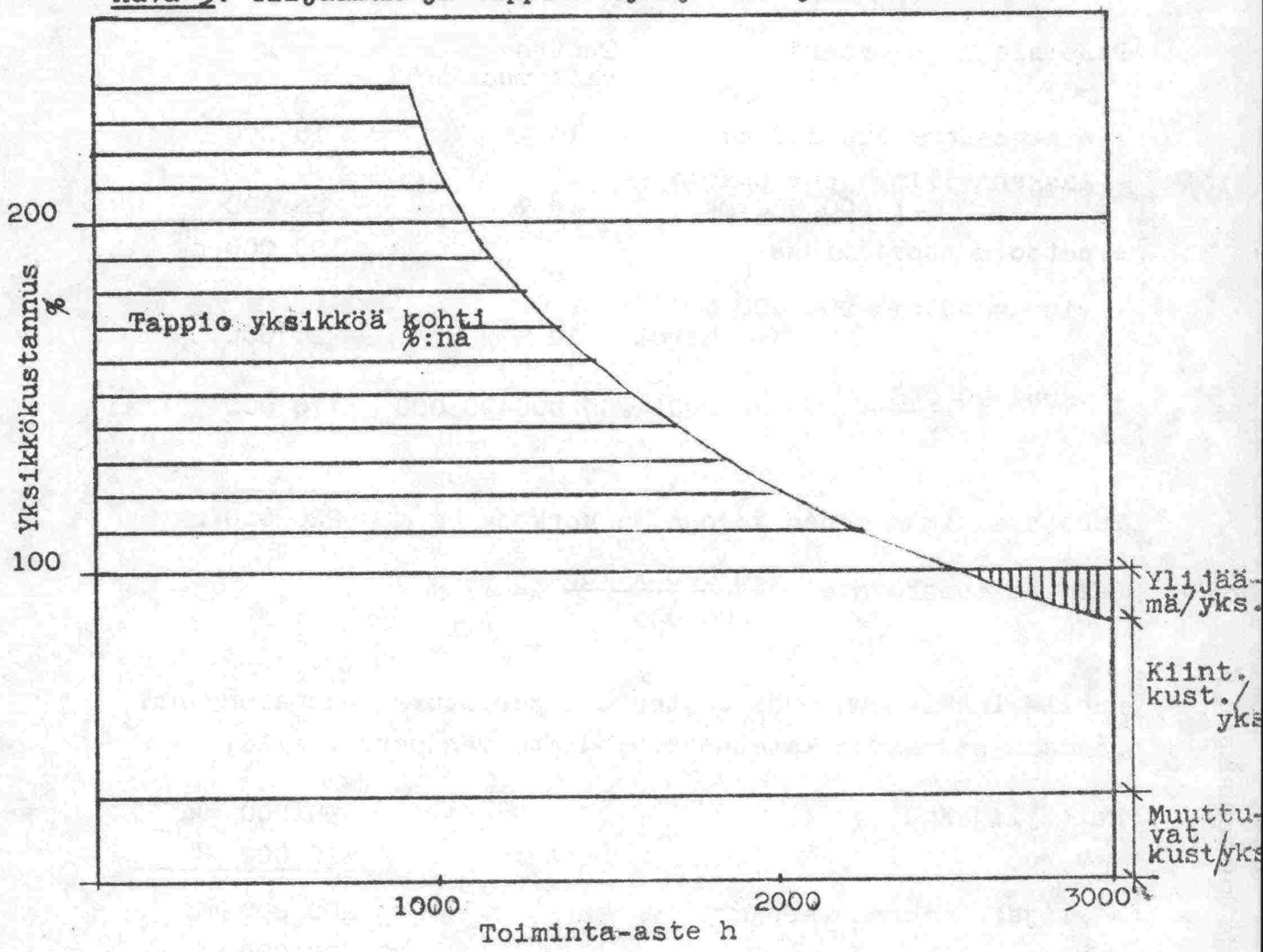
- kiinteät kustannukset 50 %
- muuttuvat kustannukset 50 %

Kustannusten kiinteyden takia ovat murskaustoiminnan kustannukset ja taloudellisen tuloksen muodostuminen suuresti riippuvaisia saavutettavasta toiminta-asteesta, kuten havaitaan kuvasta 4. Nollapiste, jossa toiminnan kustannukset tulevat katetuiksi, edellyttää lähes 90 % toiminta-astetta ja varmuusmarginaali on erittäin vähäinen. Murskaustoiminta on kustannusrakenteensa puolesta erittäin konjunktuuriherkkä. Optimia alhaisemmalla toiminta-asteella toimiminen aiheuttaa suurta alijäämää suoriteyksikköä kohti kuten kuvasta 5 havaitaan.

Kuva 4 Murskaustoiminnan katetuottokuvio.



Kuva 5. Ylijäämän ja tappion syntyminen yksikköä kohti.



2 Toiminnan tavoitteet

Jotta toimintaa voidaan ohjata suunnitelmallisesti tulee sille sekä pitemmillä että lyhyemmillä jaksoilla asettaa tavoitteet. Taloudelliset tavoitteet, jotka luovat pohjan suunnittelulle ja hinnoittelulle, asetetaan tavallisesti kannattavuustavoitteena, tehokkuustavoitteina ja tuottotavoitteena. Pääomavaltaisessa toiminnassa, jollaista murskaustoiminta mitä suuremmassa määrin on, on tuotto- ja/tai rahoitustavoitteiden asettaminen tärkeintä, koska toimintaan on sidottu suuria pääomia ja niiden tarve on jatkuvasti toiminnan kehityksen myötä lisääntymässä.

Absoluuttinen tulostavoite budjetoinnin pohjaksi voidaan antaa esim. pääoman tuottoasteena tai määrättynä rahoitustavoitteena. Tavoitteen asettaminen pääoma tuottoasteena

voi tapahtua seuraavasti:

Pääomalaji ja -määrä	Tuotto-vaatimus	mk
- osakepääoma 100 000 mk	10 %	10 000
- laskennallinen oma pääoma 1 000 000 mk	8 %	80 000
= nettotuottovaatimus		90 000 mk
- vieras pääoma 200 000 mk korot	10 %	20 000 "
- verot $\frac{90\ 000}{1{,}00-0{,}55}$ = 200 000; 200 000-90 000		110 000 "(tai arv. muk.)
Tuottovaatimus ennen veroja ja korkoja		220 000 mk

Pääoman tuottoaste $\frac{220\ 000 \times 100}{1\ 300\ 000}$ = 17 %

Edellä laskettuun tuottoasteeseen perustuva kokonaismyynti saadaan seuraavan katetuotto yhdistelmän perusteella:

Nettoylijäämä	90 000 mk
+ verot	110 000 "
= ylijäämä ennen veroja	200 000 mk
+ korot	20 000 "
= ylijäämä ennen veroja ja korkoja	220 000 mk
+ poistot	160 000 "
= ylijäämä ennen poistoja	380 000 mk
+ kiinteät kustannukset	400 000 "
= katetuotto	780 000 mk
- muuttuvat kustannukset	350 000 "
= liikevaihto	1 130 000 mk

Tavoitteen määrittely rahoituksellisten tavoitteiden perusteella voi perustua meno-tulovirta laskelman käyttöön esim. seuraavasti:

Tavoite: tuloilla rahoitetaan 50 % investoinneista

Investointitarve (vuoden lisätarve)		140 000 mk
Tulorahoituksen osuus	70 000 mk	
Pakollisten lainojen lyhennykset	40 000 "	
Tavoite tulojäämä II:lle	110 000 mk	
Osinkovaatimus	10 000 "	
Korot	20 000 "	
Verot	110 000 "	
Tavoite käyttöjäämälle	250 000 mk	
Välttämättömyysinvestoinnit	20 000 "	
Palkat, hallinto, vakuutukset	520 000 "	
Tavoite katejäämälle	790 000 mk	

Jos katejäämä/liikevaihto 70 %

on liikevaihtotavoite $\frac{790\ 000}{0,70}$ = 1 130 000 mk

3 Toiminnan suunnittelu

3.1 Tuottojen budjetointi

Pääoman tuottoastetavoitteen, rahoitustavoitteen tai muulla tavalla määritetyn tulostavoitteen perusteella saadaan tuntemalla kiinteät kustannukset määritellyksi katetuottotarve ja vuotuisten tulojen (liikevaihdon) tavoite. Määrittelemällä se toiminta-aste, joka seuraavana toimintakautena katsotaan voitavan saavuttaa kun otetaan huomioon markkinanäkymät, kilpailutilanne ja edellisten vuosien toteutumat, saadaan vuotuisten työtuntien määrä lasketuksi. Työtuntien ja laitoksen kapasiteetin tulona saadaan määritellyksi tavoiteltava vuosituotanto ja jakamalla tällä tavoitemyynti, keskimääräinen yksikköhintatavoite.

Esim. Pääoman tuottoasteeseen perustuva myyntitavoite
= 1 130 000 mk/v

Maksimitoiminta-aste 2-vuorotyössä
250 pv/v x 15 h/pv= 3 750 h/v

Suunniteltu toiminta-aste 80 % x 3750 h/v= 3 000 h/v

Keskimääräinen kapasiteetti 80 t/h;
vuosituotanto 80 x 3 000 = 240 000 t/v

Keskimääräinen yksikköhinta 1 130 000 mk/v :
240 000 t/v = 4,70 mk/t.

Toisena mahdollisuutena on määrittää laitoksen tuntikustannus ja käyttää tätä suunnittelun perusteena. Tuntikustannus saadaan jakamalla tulostavoite toiminta-asteen edellyttämällä tuntimäärällä seuraavasti:

1 130 000 mk/v : 3 000 h/v = 376 mk/h

Toiminnan ohjausta ja valvontaa varten on em. tavoin saatu tulostavoite tarpeellista täsmentää jakamalla se eri ajanjaksoille ja tarvittaessa myöskin jakamalla se eri tuotteille. Yksityiskohtainen tulosbudjetointi voi myöskin perustua laitoskohtaiseen tuntihintaan ja käyttötunteihin (kuva 6).

Toiminta-asteen vaikutusta tulostavoitteeseen ja hinnoitteluun voidaan analysoida esim. kuvan 7 mukaisella yhdistelmällä, jolloin saadaan pohja tarjoushinnoittelulle toiminta-asteen funktiona.

3.2 Kustannusten budjetointi

Toiminnan ohjausta ja valvontaa sekä tulostavoitteen tarkentamista varten on kustannukset suunniteltava ja budjetoitava yksityiskohtaisesti käyttäen samaa jakoa kuin tulosbudjetissa on käytetty.

Kustannusten budjetointi voi jakautua esim. seuraaviin osabudjetteihin:

- Konekustannusten budjetti (kuva 8), joka perustuu kustannuslajittaiseen konekustannusten laskentaan eroteltuna erikseen pito- ja käyttökustannukset (kiinteät ja muuttuvat kustannukset)
- Hallintokustannusbudjetti (kuva 9), joka voidaan laatia jakamalla hallintokustannukset esim.
  - johdon palkat sos. lisineen
  - työnjohdon palkat sos. lisineen
  - konttorihenkilöstön palkat sos. lisineen
  - toimistokustannukset
  - rahoituskustannukset
  - vakuutuskustannukset
  - matkat ja päivärahat

Kuva 6 Tuottobudjetti.

Yritys:

Vuosi:
Laatinut :

Hanke ja kone	Koneen tunnus	Veloitus	Budjetoidut suoritusmäärät tuntia ja tulot markkaa													
			Tammi		Helmi		Maalis		II neljännes		III neljännes		IV neljännes		Vuosi yhteensä	
		mk/h	h	mk	h	mk	h	mk	h	mk	h	mk	h	mk	h	mk
Yhteensä	-	-														
Toimintasuhteet %																

Kuva 7 Murskaustoiminnan kustannusten riippuvuus toiminta-asteesta.

Selitys		Toiminta-aste tuntia			
		2 000	2 500	3 000	3 500
1. Tuotot	mk/v	800 000	1 000 000	1 200 000	1 400 000
2. Muuttuvat kust.	"				
2.1 Poiston muuttuva osuus (70 %)	"	78 000	97 000	117 000	117 000
2.2 Käyttövoima	"	100 000	125 000	150 000	175 000
2.3 Korjaus ja huolto	"	67 000	83 000	100 000	117 000
2.4 Siirto	"	40 000	45 000	50 000	55 000
2.5 Matka- ja päiväraha-kust. + ylityöt	"	33 000	42 000	50 000	65 000
Muuttuvat kust. yht.	mk/v	318 000	392 000	467 000	522 000
Katetuotto	mk	482 000	608 000	733 000	878 000
Katetuotto	%	60	61	61	63
3. Kiinteät kustannukset					
3.1 Poiston kiinteä osuus (30 %)	mk/v	50 000	50 000	50 000	50 000
3.2 Palkat(työntekijät+ tj.)	"	320 000	320 000	320 000	320 000
3.3 Vakuutukset yms.	"	50 000	50 000	50 000	50 000
3.4 Hallinto	"	150 000	150 000	150 000	150 000
Kiinteät kust. yht.	mk/v	570 000	570 000	570 000	570 000
Ylijäämä ennen korkoja ja veroja	mk/v	-88 000	+38 000	163 000	368 000
4. Korot(käyttöpää-oma)	mk/v	20 000	20 000	20 000	20 000
Ylijäämä ennen veroja	mk/v	-108 000	18 000	143 000	288 000
5. Verot(arv. 3% tuotosta)	mk/v	24 000	30 000	36 000	42 000
Nettoylijäämä	mk/v	-132 000	-12 000	107 000	246 000
Katetuotto	%	60	61	61	63
0-piste	mk/v	1 020 000	1 020 000	1 020 000	1 000 000
Varmuusmarginaali	%	-28	-2	15	29
Oman pääoman tuotto-aste	%	0	3,5	15	28
Suht. yksikkökust. jos toiminta-aste 15 %		1,30	1,13	1,00	0,89

Kuva 8 Konekustannusbudjetti.

Konetoiminnan konekustannusbudjetti

Kritys:

Vuosi:
Laatinut:

Kone tai koneryhmä	Koneen tunnus	Pitokustannukset mk/v				Käyttökustannukset mk/h				Budjetoidut tunnit ja kustannukset mk.																													
		Poisto	Korko	Hallinto	Yhteensä	Palkat	Polttoaineet ja voiteluaineet	Korjaus ja huolto	Yhteensä	Tammi				Helmi				Maalis				I neljännes yhteensä				II neljännes				III neljännes				IV neljännes				Vuosi yhteensä			
										budj. h	Pitokust. $\frac{1}{12}$ x6	Käyttökust. 10 x11	Yht.	budj. h	Pitokust. $\frac{1}{12}$ x6	Käyttökust. 10x15	Yht.	budj. h	Pitokust. $\frac{1}{12}$ x6	Käyttökust. 10x19	Yht.	budj. h	Pitokust. $\frac{1}{4}$ x6	Käyttökust. 10x23	Yht.	budj. h	Pitokust. $\frac{1}{4}$ x6	Käyttökust. 10x27	Yht.	budj. h	Pitokust. $\frac{1}{4}$ x6	Käyttökust. 10x31	Yht.	budj. h	Pitokust. $\frac{1}{4}$ x6	Käyttökust. 10x35	Yht.	budj. h	Pitokust. 6	Käyttökust. 10x39	Yht
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
Yhteensä																																									

Kuva 9 Hallintokustannusbudjetti.

Yritys: Vuosi:

Tunnus	Kustannusryhmä	Kustannukset vuosineljänneksittäin ja yht. mk.				
		I	II	III	IV	Yht.
9410	Kiinteät					
11	Työnjohdon palkat					
12	Toimistohenkilökunnan palkat					
13	Toimistokustannukset					
14	Sosiaalitoiminta					
15	Työturvallisuus					
16	Vuokrat ja varastointi					
17	Matkakustannukset					
18	Palkkojen sosiaalilisät					
19	Koneiden säilytys ja vahinkovastuu					
9420	Maksettavat korot					
9430	Muuttuvat palkat					
31	Seisonta-ajan palkat					
32	Koneiden siirtokustannukset					
33	Muut					
	Yhteensä					

3.3 Tulosbudjetti

Tuotto- ja kustannusbudjettien perusteella laaditaan toiminnan tulosbudjetti (kuva 10), jonka perusteella voidaan todeta saavutetaanko asetettu tuottotavoite ja jota voidaan käyttää koko toiminnan valvonnan ja raportoinnin pohjana. Sikäli kun tulosbudjetti näyttää, ettei asetettua tuottotavoitetta saavuteta on suoritettava budjetointiprosessin tarkistus tai hyväksyttävä budjetointiprosessin antama tuottotavoite seuraavan vuoden lopulliseksi tavoitteeksi.

4 Toiminnan ohjaus ja valvonta

Toiminnan taloudellisuuden valvonta voidaan jakaa kahteen tasoon

- kokonaisvalvontaan
- konekohtaiseen valvontaan

Kokonaisvalvonnan tehtävänä on toiminnan ohjaus raporttien avulla päämääränä asetettujen kannattavuus- ja tuottotavoitteiden saavuttaminen.

Konekohtaisen valvonnan tehtävänä on taas seurata konetta käytön, kustannusten ja sijoituksen kannalta koko pitoajan, jotta saadaan tietoja vastaista suunnittelua ja koneiden kustannuslaskentaa varten sekä voidaan valvoa tehtyjen koneinvestointien kannattavuutta ja seurata koneiden sijoitusta.

Valvonta tapahtuu erilaisten raporttien avulla. Raportit voidaan jakaa niiden tarkoituksen perusteella

- määräaikaisiin raportteihin, joissa verrataan toteutuneita lukuja tavoitteeksi asetettuihin budjetoituihin lukuihin ja
- jatkuvasti yhteenlaskettaviin konekohtaisiin raportteihin, joista käy selville koneiden ajankäytön jakautuminen, kustannukset kustannuslajeittain ja mahdolliset työmäärät
- tilanneraportteihin, joista selviää kaluston sijoitus eri kohteissa ja varikolla olevan kaluston määrä.

Kuva 10 Toiminnan tulosbudjetti.

Selitys		Koko toiminta	Laitokset		
			x	y	z
1. Tuotot	Mmk	4.000	1.200	1.300	1.500
2. Valmistuksen muuttuvat kustannukset		1.200	0.350	0.400	0.450
3. Katetuotto		2.800	0.850	0.900	1.050
-"-	%	70	71	69	70
4. Kiinteät kustannukset					
Valmistus		1.150	0.350	0.370	0.430
Hallinto		0.400	-	-	-
5. Käyttökate		1.250	0.500	0.530	0.620
6. Poistot		0.650	0.180	0.200	0.270
7. Ylijäämä ennen korkoja ja veroja		0.600	0.320	0.330	0.350
8. Korot (vieras pääoma)		0.100			
9. Ylijäämä ennen veroja		0.500			
10. Verot		0.250			
11. Nettoylijäämä		0.250			
Investoitu pääoma		4.000			
Pääoman tuottoprosentti $\frac{0,6 \times 100}{4,0}$	%	15			
Pääoman kiertonopeus $v = \frac{4,0}{4,0}$		1			
Voittoprosentti $\frac{0,6 \times 100}{4,0}$	%	15			

Suorite- ja kustannustietojen koonti perustuu alkuperäistositteisiin, joita ovat koneiden käyttöilmoitukset, työpalkkailmoitukset, varastomääräykset ja tilaustositteet tai laskut.

Kokonaisraportointi

Toiminnan jatkuva ohjaaminen asetettujen tavoitteiden saavuttamiseksi edellyttää, että toimintaa tarkkaillaan jatkuvasti sen kestäessä ja tuloksia analysoidaan jälkikäteen poikkeamien syyn selvittämiseksi ja uuden suunnitteluaineiston hankkimiseksi.

Koska toiminnan tarkkailu perustuu osaltaan toteutuneita lukuja suunniteltuihin tavoitteisiin vertaamalla edellyttää tämä, että tietojen keruu ja raportointi on järjestetty siten, että vertailujen laatiminen on mahdollista.

Toiminnan budjetointi koostuu kuten edellä on esitetty
- tuottobudjetista
- kustannusbudjetista
- hallintokustannusbudjetista
- tulosbudjetista

Edellä olevan perusteella tulee toimintaa kokonaisuudessaan käsittelevän jatkuvan raportoinnin käsittää
- suoritusten raportoinnin
- tuottojen raportoinnin
- kokonaiskustannusten raportoinnin.

Viime mainittujen perusteella voidaan laatia tulosraportti ottamalla huomioon käyttöpääoman muutokset raporttikaudella. Tuottojen ja kustannusten raportoinnin tulee tapahtua toiminnan jatkuvaa ohjaamista silmällä pitäen kuukausittain ja tulee siinä esiintyä luvut ja erittelyt sekä raporttikaudelta että budjettivuoden alusta. Tulosraportti voidaan laatia edellä mainittujen raporttien perusteella kuukausittain (kuva 11).

Kuva 11 Toiminnan kokonaisraportti.

Selitys		Tuotot ja kustannukset						Huomautuksia
		Raporttikautena			Vuoden alusta			
		Budj.	Tot.	Ero	Budj.	Tot.	Ero	
1. Tuotot	mk							
2. Käyttökustannukset								
2.1 Voima-ja polttoaineet	mk							
2.2 Korjaus-ja huolto	mk							
2.3 Matka-ja päivär.+ylityök.	mk							
2.4 Siirto	mk							
2.5 Ulkop. palvelukset	mk							
Käyttökustannukset yht.	mk							
Katetuotto	mk							
Katetuotto	%							
3. Kiinteät valmistuskustannukset								
3.1 Käyttöpalkat	mk							
3.2 Vakuutukset	mk							
3.3 Työmaan hallintokust.	mk							
Kiinteät valmistuskust.yht.	mk							
Ylijäämä ennen hallintoa ja pääomaa	mk							
Ylijäämä ennen hallintoa ja pääomaa	%							
4. Hallintokustannukset	mk							
Ylijäämä ennen pääomakust.	mk							
5. Laskennalliset poistot								
Ylijäämä ennen korkoja ja veroja								
Tunnusluvut								
Katetuotto	%							
Nollapiste	mk							
Varmuusmarginaali	%							
Pääoman tuottoaste	%							

Tuotto- ja kustannusraportoinnin lisäksi on määrävälein tarpeellista tarkkailla toteutuneita tuloksia ja kustannuksia tärkeimpien koneiden osalta. Tämä voi tapahtua neljännesvuosittain esimerkiksi oheista raporttikaavaketta käyttäen (kuva 12).

Konekohtainen raportointi

Konekohtainen tuottojen, kustannusten, suoritteiden ja suoritusten keräily ja raportointi muodostaa välttämättömän osan toiminnan investointien ja kannattavuuden suunnittelua varten. Koneinvestoinnit ovat suhteellisen pitkävaikutteisia ja vaikuttavat siten toimintaan vuosia eteenpäin, josta syystä on välttämätöntä jatkuvasti valvoa investointien kannattavuutta ja määrittää edullisimpia pito- ja vaihtoajankohtia vastaista hankintapolitiikkaa silmällä pitäen.

Jotta edellä mainitut tarkoitusperät voidaan saavuttaa, edellyttää tämä konekohtaista tai vähempiarvoisten koneiden osalta ryhmäkohtaista tietojen keruuta ja raportointia koko pitoajan. Keräilyn on riittävällä tarkkuudella kohdistuttava eri kustannuslajeihin, ajankäytön jakautumiseen, aikaansaatuihin suoritteisiin sekä tuottoihin.

Kone- tai koneryhmäkohtaisesti kootaan koneen hankintahetkestä lähtien konetta koskevat tiedot konekohtaiseen raporttiin (kuva 13). Vuosittain laaditaan raportin alaosaan yhdistelmä koneen tuottoarvoista.

Kustannuslaskentaa ja työnsuunnittelua varten laaditaan vuosittain yhdistelmä koneiden käytöstä ja kustannuksista. Yhdistelmä voidaan laatia myöskin samanlaatuisten koneiden osalta ryhmittäin (kuva 14). Yhdistelmissä on tiedot laskettu tehollista tuntia kohti, jolloin niitä suoranaisesti voidaan käyttää kustannuslaskelmissa, kun lisäksi on tiedossa ajankäytön jakautuminen ja suunniteltu toiminta-aste.

Edellä mainittujen tuotto-, kustannus- ja käyttöraporttien ohella on välttämätöntä koneiden korjaustoimintaa ja laatua arvosteltaessa pitää luetteloa tehdyistä korjaustoimenpiteistä ja niiden kustannuksista sekä kohdistamisesta koneen eri rakenneosiin.

Yritys:
Hanke:

Vuosi:
Raporttikausi:

Tunnus	Kone/koneryhmä	Raporttikausi								Vuoden alusta				
		Toimintasuhde	Kustannukset mk					Vuokratuotot	Tuotot ./. kustannukset	Kustannukset mk			Vuokratuotot	Erotus + -
			Hallinto	Palkat	Polto- ja voit. aineet	Korjaus ja huolto	Yhteensä			Poisto ja korko	Muut	Yhteensä		
		%						mk	mk				mk	mk
Yhteensä														

Kuva 12 Kone- tai koneryhmäkohtainen kustannusraportti.

Kuva 13 Konekohtainen koneraportti.

K o n e r a p o r t t i

Koneen merkki ja malli:

Tunnus:

Aika	Ajan käyttö					Vuokra-tuotot	Käyttö-palkat (3)	Käyttökustannukset			Pitokustannukset				Kustannukset yht.	Tuotto	Aktivoitava korjaus
	Käytettävissä oleva aika (1)	Seisontaaika: Koneesta johtuva	Seisontaaika: Työstä johtuva	Tehollinen aika	Toimintasuhde (2)			Korjaus ja huolto	Polttoaineet	Yhteensä	Laskennallinen poisto	Säilytys ja vakuutukset	Hallintokust. osuus	Yht.			
	h	h	h	h	%	mk	mk	mk	mk	mk	mk	mk	mk		mk	mk	mk
Siirto ed. v.																	
tammi																	
helmi																	
maalis																	
huhti																	
touko																	
kesä																	
heinä																	
elo																	
syys																	
loka																	
marras																	
joulu																	
Yht. v.197																	
Yht. alusta																	

(1) Lasketaan 1-vuorotyön mukaan

(2) $\frac{\text{tehollinen aika}}{\text{käytettävissä oleva aika}} \cdot 100$

(3) Lasketaan mukaan kust. jos konepankin kuljettaja

Vuosiyhdistelmä:

+ Jälleenhankintahinta vuoden alussa _ _ _ _ _ _ _ mk

+ Aktivoitavat peruskorjaukset _ _ _ _ _ _ _ mk

- Vuoden aikana poistettu _ _ _ _ _ _ _ mk

= Poistamaton pääoma vuoden lopussa _ _ _ _ _ _ _ mk

$\text{Tuotto\%} = \frac{\text{tuotto mk}}{\text{jälleenhankintahinta vuoden alussa}} \times 100$ raporttivuotena _ _ _ %; alusta _ _ _ %

Kuva 14 Koneiden käyttö- ja kustannusyhdistelmä.

Koneiden käyttö- ja kustannusyhdistelmä

Vuosi:
Ajanjakso:
Käytettävissä oleva aika _ _ _ _ h

Yritys:

Tunnus	Koneen merkki ja malli	Tehdyt suoritteet (1)		Ajankäyttö % kokonaisajasta			Kustannukset ja tuotot tehollista tuntia kohti mk/h											
							Käyttökustannukset				Pitokustannukset					Kust. yhteensä	Veloitus	Veldtus ./. kust
		Määrä	Yks.	Seisonta		Tehollinen	Palkat	Polttoaineet	Korjaus ja huolto	Yhteensä	Säilytys, vähinkovastuu	Laskenn. poisto	Laskenn. korko	Hallinto kust. osuus	Yhteensä			+ -
				Koneesta johtuva	Yksistä johtuva													

1) Ilmoitetaan vain päätuotannonnosalta
Autoista km-määrä

J. Ruuskanen

MURSKAUSTYÖN KUSTANNUSTEKIJÄT

sivu

J. Ruuskanen

MURSKAUSTYÖN KUSTANNUSTEKIJÄT

Murskaustyön kustannustekijöistä puhuttaessa voitaisiin lähteä materiaalin hankinnasta ja edetä työn kulun mukaisesti aina valmiin tuotteen kuljetukseen käyttökohteeseensa, mutta rajoitun tässä käsittelemään vain pelkkää murskausta materiaalin syötöstä ns. siilovalmiiseen tuotteeseen.

1 Kiinteät kustannukset

Jos unohdamme hallintokustannukset, pääsemme tarkastelemaan murskauksen kiinteinä kustannuksina lähinnä kalustokustannuksia. Näistä ylivoimaisesti suurimmat ovat investoinneista aiheutuvat korko- sekä kuoletuskustannukset. Nämä ovat helppoja määritellä mikäli koneen kannattava käyttöikä sekä vuotuinen käyttömäärä pystytään oikein arvioimaan.

Edellä mainittuihin kiinteisiin kustannuksiin kuuluu myös vuotuinen konekohtainen korjausbudjetti, joka on hyvin paljon riippuvainen koneen iästä ja senhetkisestä kunnosta. Tähän luokkaan kuuluvat koneen peruskorjaukset sekä mahdolliset suuret työmaalla tapahtuneet rikkoutumiset, kuten akselin tai heilurin katkeamiset ja vastaavat. Näistä kustannuksista voimme käyttää nimitystä kalustovuokrat, jotka lasketaan aina uutta konetta hankittaessa sekä korjataan esim. budjettikausittain mikäli kustannuksissa on tapahtunut muutoksia. Tällä tavalla lasketuista kalustovuokrista on esim. tarjouslaskentavaiheessa helppo määritellä laitoskohtaiset kiinteät kustannukset.

Nyrkkisääntönä voidaan konevuokria määriteltäessä käyttää kaksivuorotyössä: hankintahinta / 24 = kk-vuokra.

Siirto- ja perustamiskustannuksiin lasketaan yleensä kuuluvaksi laitoksen purku sen nykyisestä kokoonpanosta ja kuljetus uuteen kohteeseen sekä tuotantokuntoon saattaminen. Mikäli murskauskohteessa on erityisiä vaatimuksia jälkien siistimiseksi ja alueen entistämiseksi, luetaan kustannukset tähän ryhmään kuuluvaksi.

Jos laitos on alunperin suunniteltu helposti siirrettäväksi, näyttelevät suurinta osaa kustannuksista lähinnä kuljetukset, mutta jos on kyseessä louhelaitos, joka periaatteessa on rakennettava uudelleen, tulevat esim. työpalkat näyttelemään hyvin suurta osaa.

Kustannukset tässä ryhmässä muodostuvat yleensä työpalkoista, kuljetuksista, nostureista, kuormauskoneella suoritetuista töistä ja tarvikehankinnoista.

Soralaitoksen siirtokustannukset vaihtelevat kuljetusmatkasta ja muista olosuhteista riippuen 10 000 - 30 000 mk ja 50 000 - 150 000 mk.

Siirtoon käytetty aika vaihtelee hyvin paljon ja on lyhyimmillään noin neljä työpäivää ja voi venyä jopa yli kuukaudenkin.

Laitoskohtainen työnjohto edellyttää yleensä ainakin yhtä miestä, joka valvoo laitoksen toimintaa. Työnjohdosta aiheutuvat kustannukset ovat melko tarkkaan jo ennen työn alkua määriteltävissä, sillä ne muodostuvat yleensä kiinteästä kuukausipalkasta, sosiaalikustannuksista, päivärahoista ja ajokilometrikorvauksista.

Murskaustyön tuotantoaikaiset työpalkat muodostuvat yleensä kahdesta ryhmästä: tuotantopalkkiotyöstä ja tuntityönä suoritettavista huolto- ja korjaustöistä.

Tuotantopalkkiotyössä maksetaan tuntipalkka sekä ns. tuotantolisä, mikä vaihtelee tällä hetkellä yrityskohtaisesti aika paljon. Maksetuista palkoista joutuu yrittäjä tai työnantaja maksamaan erilaisina sosiaalisina kustannuksina n. 50 %.

Liikkuvilla murskauslaitoksilla maksetaan työntekijöille myös päiväraha, joka määräytyy työehtosopimuksen mukaan. Ohessa esimerkki kuinka suuriksi työpalkkakustannukset voivat erittäin vaikeissa olosuhteissa muodostua.

Tuntityöt sekä tuotantopalkkion aikatyönä maksettava osa	1,19 mk/m3itd
tuotantopalkkio	0,20 - " -
sosiaalikustannukset	0,57 - " -
päivärahat	0,23 - " -
	yht. 2,19 mk/m3itd

Kyseinen työ on suoritettu 2-vuorotyönä 4 miestä/vuoro.

Murskaustyössä kulutetaan varsin paljon energiaa, minkä saantikohteet ovat verkkovirta, aggregaatti tai suorakäyttödieselmoottori.

Verkkoon liittyminen tulee kysymykseen suurehkoissa kohteissa tai paikoissa, missä linja on lähellä perustettavaa laitosta. Näissä tapauksissa tulevat energian hintaa nostamaan linjan rakentaminen ja muuntajakustannukset. Tämä on kuitenkin työnsuorituksen kannalta helpoin ja varmin tapa, koska siitä ei yleensä aiheudu työn aikana ylimääräisiä huolto- ja korjauskustannuksia.

Aggregaatin tai suoran dieselkäytön etuja ovat niiden helppo kohteeseen saatavuus ja varjopuolena taas energian hinta, mikä on 1,5 - 2 kertainen verkosta saatavaan energian verrattuna.

Energian kulutus murskattua m3itd kohden on noin 2 - 3 kWh:a ja markkoina n. 0,50 - 0,80.

Kulutusosakustannuksiin lasketaan ylivoimaisesti kalleimpana ryhmänä leuat, sivukiilat ja kartion terät. Muita kulutusosia ovat lähinnä seulat, kuljettimien

matot ja rullat sekä kiilahihnat. Näistä ehkä kaikkein eniten vaihtelee leuka- ja teräkulutus joka on erittäin paljon riippuvainen murskattavasta materiaalista ja vaadittavasta murskaussuhteesta.

Voiteluaineet, pienehköt varaosat, kuten esim. kuljettimen laakerit sekä sekalaiset tarvikkeet, eivät varsinaisesti kuulu kulutusosiin, mutta yleensä ne voidaan sisällyttää em. nimikkeen alle, koska niiden markkamääräinen osuus ei ole kovin suuri.

Murskaamoon syöttö tapahtuu yleensä pyöräkuormaajalla, mikä useimmiten on halvin ratkaisu. Paras tapa murskaimen kannalta olisi sopivan kokoisella kauhalla varustettu kaivinkone ja kuljetusajoneuvo, jolloin ylisuurien kivien joutuminen kitaan pystyttäisiin eliminoimaan melkein kokonaan.

Murskaustyön kustannuksia ajatellen on vaikeaa sanoa onko oman kuormaajan käyttö edullisempaa kuin vuokratun, koska markkinoilla on hyvin konein varustettuja urakoitsijoita ja kilpailu pitää huolen, etteivät urakkahinnat pääse kohoamaan yli kohtuullisena pidettävän rajan.

Aliurakoitsijaa käytettäessä ovat kuormauskustannukset jo ennen työn alkua suhteellisen varmasti tiedossa ja näin ollen eräs riskitekijä myös eliminoitu.

Käytettävästä materiaalista tai kohteen luonteesta johtuen voi ylisuurista kivistä aiheutua melko suuria kustannuksia. Jos käytetään syöttölaitteessa esiälppää eikä ylisuuria kiviä tarvitse rikkoa, ei näistä juuri aiheudu muita kustannuksia, kuin kaksinkertainen käsittely kuormaajalla. Jos taas esiälppää ei käytetä (louhosta murskattaessa), on pyrittävä ylisuuret kivet erottelemaan kuormausvaiheessa ja mikäli tarpeellista, rikkomaan jo louhoksella. Ylivoimaisesti halvin tapa selvitä ylisuurista kivistä on erotella ne ja jättää murskaamatta.

Ylisuurien kivien erottelusta aiheutuva kustannus, mikäli läjityspaikka on lähellä, on muutaman pennin luokkaa/murskattu m3itd, kun taas rikkomisesta aiheutuneet kustannukset nousevat helposti 50 penniin/m3itd.

Nykyisten murskausta koskevien ympäristönsuojeluvaatimusten mukana on pölynpoistosta tai sen sidonnasta tullut myös kustannuksia, jotka eivät ole kovinkaan pieniä, mikäli pyritään täyttämään em. määräysten ryhmä.

Ko. laitteiden hankintahinnat vaihtelevat 100 000 - 400 000 mk:aan ja työnaikainen kunnossapito vaatii erittäin paljon huoltotöitä ja tulokset ovat kuitenkin tähän saakka olleet vielä varsinkin siirrettävillä laitoksilla kyseenalaiset.

Lopuksi esimerkki, jonka perusteella voidaan lähemmin tarkastella kustannusten jakautumista oletetussa murskauskohteessa:

Kyseessä TVL:n urakka, jossa murskataan 50 000 m3itd kantavan kerroksen mursketta 0-65.

Käytettävissä oleva kalusto Arbrå 90 + AC 736

0-65 50 000 m3itd 1 600 m3itd/tp 31 tp 1,5 kk

Kalustovuokrat 1,5 x 28 000 mk/kk=		42 000,-	0,80m3itd
Perustaminen		28 000,-	0,56 "
Työnjohto:			
2 x 1,5 kk x 2 500 mk/kk =	7 500,-		
sos.kust.	2 600,-		
pvr + km-korvaukset 2 x 1,5 kk x 1 500 mk/kk =	4 500,-		
	14 600	14 600,-	0,29 "
Työpalkat:			
4 x 1,5 kk x 2 000 mk/kk =	12 000,-		
tuotantopalkkio 4 x 0,02 mk x 50 000 m3itd=	4 000,-		
sos.kust.	8 000,-		
pvr. 4 x 1,5 kk x 800 mk/kk=	4 800,-		
	28 800,-	28 800,-	0,58 "
Energia 2 kWh/m3itd x 0,38 mk/kWh x 50 000 m3itd		38 000,-	0,76 "
Kuluvat osat 0,60 mk x 50 000 m3itd		30 000,-	0,60 "
Kuormaus 0,90 mk x 50 000 m3itd		45 000,-	0,90 "
Ylisuuret kivet: 100 kpl / tp x 31p x 8 mk/kpl		24 800,-	0,50 "
Sekalaiset kulut: pintamaan raivaus ym.		15 000,-	0,30 "
			5,29mk/ m3itd
Keskuskonttori, yhteiskulut riskitekijät ja yrittäjävoitto 25 %			1,32
			6,61 mk/ m3itd

J. Sorvari

LUVANHAKUTOIMENPITEET MURSKAUSLAITOKSELLE

J. Sorvari

LUVANHAKUTOIMENPITEET MURSKAUSLAITOKSELLE

Saasteongelma on yleisesti tiedostettu ja halu vaikuttaa sen aiheuttajiin suuri. Lakeja, asetuksia tai muita määräyksiä, joihin juridisesti voitaisiin nojata on toistaiseksi vähän, nekin varsin vähäsisältöisiä ja heikosti yleisesti tiedossa. Seurauksena on asiain juuttuminen paikoilleen ylenmääräisen varovaisuuden ja vähäisen tiedon seurauksena ja tämä tilanne tulee kestämään ilmeisesti vielä vuosia.

TVH:n "Murskausaseman ympäristönsuojeluvaatimukset 1973" mainitsee lyhyesti ne voimassa olevat lait, asetukset ja suositukset, jotka tällä hetkellä rajoittavat murskausaseman toimintaa ja sen aiheuttamia haittoja. TVH:n kirjeessä n:o Tr-1472/19.8.1974 on menettelytavat haettaessa terveydenhoitolain 26 §:n edellyttämää lupaa asfalttiasemaa ja murskausasemaa varten.

Vesiensuojeluun on ohjeita v. 1962 vesilaissa, asetuksessa öljylämmityslaitoksista (n:o 691/71) sekä tulevaisuuden lakeja "Maa-alueiden öljyvahinkotoimikunnan mietinnössä 14.5.1973". Edellä mainitut lait ja ohjeet vaikuttavat ratkaisevasti murskausasemien sijoitusmahdollisuuksiin ja toimintaluvan saantiin.

Ennen lupa-anomuksen tekoa on syytä paikan "todennäköinen" sopivuus tutkia oleellisilta osiltaan ja selvittää ympäristön mielipiteet asiasta. Mitä perusteellisemmin tämä paikan esivalinta tehdään sitä nopeammin ja helpommin jatkosta selvitään. Jos vain on mahdollista, on hyvä esittää vaihtoehtoisia paikkoja lupahakemuksessa. Terveydenhoitoasetuksen 19 §:ssä sanotaan: Terveydenhoitolain 26 §:ssä tarkoitettua hyväksymistä on haettava sen kunnan terveyslautakunnalta, missä tehdas, laitos tai varasto sijaitsee tai minne se on suunniteltu sijoitettavaksi. Hakemukseen on liitettävä tarpeelliset piirustukset sekä 18 §:n

edellyttämä selvitys (jonka tulee taas osoittaa, että tarkoitukseen varattu paikka on sopiva ottaen huomioon yrityksen aiheuttamat haitat).

Hakemuksen saa siis periaatteessa muotoilla varsin vapaasti ja lyhyestikin, mutta jälkiselvitysten välttämiseksi on vähänkin kriitillisessä tapauksessa esitettävä mahdollisimman yksityiskohtaisesti ainakin suunnitellut suojatoimenpiteet. Vuonna 1974 ottivat terveyslautakunnat käyttöön liitteenä olevan (Suomen Kunnallisliiton lomake n:o 6907-74) hakemuspaperin. Sitä on syytä käyttää ja se muotoileekin hakemuksen valmiiksi. Käytännöksi on muodostunut, että terveyslautakunta hankkii itse kaikki tarvitsemansa asiantuntijalausunnot (mm. vesipiirin lausunto). Hakemuksen käsittelyä voi kuitenkin nopeuttaa hankkimalla niitä itse sekä toimimalla TVH:n kirjeen n:o Tr-1472/19.8.1974 mukaisesti korvaamalla vesipiirin ja lääninhallituksen lausunnot sellaisen työryhmän pöytäkirjalla, jossa on edustajat vesipiiristä, lääninhallituksen sosiaali- ja terveysosastolta sekä tie- ja vesirakennuspiiristä.

Mikäli terveyslautakunnan päätös on kielteinen voidaan tästä valittaa lääninhallitukseen, jolla on kuntaa kuultuaan, yleisen edun ollessa kysymyksessä ja mikäli peruuttamattoman vahingon vaaraa ei ole olemassa, oikeus peruuttaa terveyslautakunnan päätös ja antaa toimintalupa. Mikäli vahinkoa kärsimään joutuvat valittavat terveyslautakunnan myönteisestä päätöksestä, on päätöksen saajalla kunnallislain 209 §:n mukaan mahdollisuus panna päätös täytäntöön, jollei muutoksen hakeminen täytäntöönpanon vuoksi käy hyödyttömäksi (ns. peruuttamattoman vahingon vaara) tai se viranomainen, jonka käsiteltävänä asia valituksen johdosta on, ei kiellä päätöksen täytäntöön panemista. Jos päätöksistä valitetaan, näyttää se tällä hetkellä johtavan vuosikausia kestäviin prosesseihin lakien puuttumisten, tulkintaväljyyksien ja asiasta esiintyvän vähäisen tiedon vuoksi.

Muutamassa kunnassa on otettu sellainen kanta, että terveyslautakunnan päätös yksistään ei riitä, vaan sen saamisen jälkeen on lupaa haettava vielä järjestysoikeudelta naapuruussuhdelain 18 §:n perusteella, vaikka saman lain

20 § tehnee sen tarpeettomaksi. Perusteluksi luvan haulle esitetään, ettei terveyslautakunta ota tarpeeksi huomioon naapuruussuhdelain velvoitteita ja että (terveydenhoito-) asetus ei voi mennä (naapuruussuhde-) lain edelle. Käytännössä vain harvat kunnat tulkitsevat asian näin, joten lupaa järjestysoikeudelta on syytä olla hakematta, jollei sitä erikseen vaadita. Naapuruussuhdelain 17 §:ssä puhutaan lisäksi pysyvästä kohtuuttomasta haitan aiheuttamisesta, joten järjestysoikeudelta haettava lupa koskisi sittenkin vain pysyviä asemia. Asiaa käsitelleiden enemmistön käsitys tuntuu aseman pysyvyyden aikamäärästä olevan: ei pysyvä, jos paikoillaan alle kaksi vuotta.

Lupia murskausaseman toimintaan liittyy seuraavasti:

- toimintalupa terveyslautakunnalta,
- murskausaseman rakennus- tai pystytyslupa. i tarvita,
- paalutus- tai sementtibetonipilariperustukseen tarvitaan kaavoitetulla alueella rakennuslupa. Kaavoittamattomallakin alueella on hyvä kysyä rakennustarkastuksen mielipidettä. Luvanvaraisia ovat eräissä tapauksissa suuremmat maankaivamis-, louhinta-, vallitus- ja puunkaatotyöt kaavoitetulla alueella,
- murskausasemalle sijoitetuille siirrettäville työmaakopeille ja -vaunuille ei tarvitse pystyttämislupaa elleivät ne jää pysyviksi,
- TVL:n työsuojeluohjeessa n:o 2 on sanottu kuinka suuria määriä palavia nesteitä asemapaikalla saadaan säilyttää ilman eri lupaa.
- TVL:n töissä rakennustyömaan koneiden tarkastuksen jälkeen saadaan vasta aloittaa työt (Työsuojeluohje n:o 2).

Pölynsidonta-, melunesto- ym. suojalaitejärjestelmien kehittäminen murskausasemia varten on tehokkaasti meneillään, joten lähivuosien aikana on odotettavissa huomattavaa parannusta epäkohtiin sekä luonnonsuojelullisella että työsuojelullisella alueella.

Hakemus toimintayksikön sijoituksesta, muutoksesta tai haltijan vaihdoksesta

terveyslautakunnan valvontaosastolle

ThL 26 §, 28 §, 90 §
ThA 17 §, 18 §, 19 §, 20 §

1. Hakemus	☐ sijoitus ☐ muutos ☐ uudelleenjärjestely ☐ haltijan vaihtuessa tehtävä lupahakemus ennen 1. 1. 1967 perustetun laitoksen, tehtaan tai varaston osalta
2. Omistaja	Nimi Osoite Puh.
3. Haltija	Nimi Osoite Puh.
4. Toiminimi ja yhtiömuoto	Nimi Osoite Puh
5. Toimintakohde	☐ laitos ☐ tehdas ☐ varasto Nimi Osoite Puh. Toiminnan tarkoitus (laatu, raaka-ainemäärät, tuotantomäärät)
6. Sijainti	Ympäristö (asutus ym. hairiintyvät kohteet) Selvitys vahvistetusta asema- ja rakennuskaavasta

Suomen Kunnallistilaa lomake n:o 6907 · 74

7. Veden hankinta	Veden otto		
		määrä m³/vrk	**laatu**
	Prosessivedet		
		määrä m³/vrk	**laatu**
	Talousvesi		
8. Polttoaineet	Laatu ja määrä		
9. Öljyt	Öljyjätteiden ja jäteöljyjen kerääminen, uudelleenkäyttö ja hävittäminen		
10. Toiminnassa käytettävät myrkyt ja kemikaalit	Nimi, koostumus, käytettävä määrä vuodessa, käyttötarkoitus		
	Säilytys		
	Vaarattomaksitekeminen ja hävittämistoimenpiteet		

11. Päästöt ja niiden ehkäisy (päästöjen määrä ja laatu)	Ilmasaasteet
	Melu
	Jätevedet
	Kiinteät jätteet
12. Liitteet	☐ kartta, josta selviää vesistöt, rauta- ja maantiet sekä asuin- ja muut rakennukset ☐ piirustuksia ..... kpl ☐ kopio valmistusluvasta, jos on kysymyksessä myrkkyjen valmistus ☐ muita liitteitä ..... kpl (kohdista 4–11 tarvittaessa liitteet)
13. Päiväys ja allekirjoitus	

Otteita terveydenhoitolaista, ThL (469/65) ja terveydenhoitoasetuksesta, ThA (55/67)

ThL 26 § Laitos, jossa harjoitetaan teollisuutta, käsityötä tai muuta elinkeinotoimintaa, samoin kuin tavaravarasto on siten sijoitettava, järjestettävä ja hoidettava, että terveydellisten haittojen syntyminen mahdollisuuksien mukaan estetään.

Asetuksella erikseen määrättävä tehdas, laitos tai varasto, jollaisesta katsotaan voivan aiheutua terveydellistä haittaa ympäristölle, saadaan sijoittaa vain sellaiseen paikkaan, jonka terveyslautakunta tehdystä hakemuksesta on hyväksynyt, mikäli sijoituspaikka ei ole asema- tai rakennuskaavassa varattu. Lautakunnan hyväksyminen on hankittava myös tässä tarkoitetun tehtaan, laitoksen tai varaston olennaiseen muuttamiseen tai uudelleen järjestämiseen.

Lääninhallitus voi sen estämättä, mitä 2 momentissa on sanottu, myöntää terveyslautakunnan päätöksestä valitettaessa kuntaa kuultuaan luvan, jos sen antamista on pidettävä yleisen edun kannalta tärkeänä.

ThL 28 § Mitä 26 §:ssä on säädetty siinä tarkoitetusta tehtaasta, laitoksesta ja varastosta, koskee soveltuvin osin myös sairaalaa, lentokenttää, huvikenttää, moottoriratoja ja ampumarataa.

ThL 90 § Lupa, joka tämän lain mukaan on hankittava rakennuksen, huoneiston, laitoksen tai laitteen käyttämiseen, on tämän lain voimaantullessa käytössä olevan rakennuksen, huoneiston, laitoksen tai laitteen kohdalta tarpeen vain milloin sen haltija vaihtuu. Se on kuitenkin saatettava tämän lain mukaiseen kuntoon viiden vuoden kuluessa lain voimaantulosta, jollei terveyslautakunta myönnä tästä velvollisuudesta helpotusta.

Tämän lain voimaantullessa käytössä oleva rakennus, huoneisto, laitos tai laite, jonka käyttämiseen lain mukaan ei tarvita lupaa, on saatettava laissa säädettyyn kuntoon, milloin terveyslautakunta ilmeisen terveydellisen vaaran poistamiseksi tai muusta erityisestä syystä katsoo tarpeelliseksi niin määrätä.

Mitä 1 ja 2 momentissa on sanottu tämän lain voimaantulosta, sovelletaan vastaavasti maalaiskunnan alueen muuttumiseen lain voimaantulon jälkeen väestökeskukseksi tai sen osalta.

ThA 17 § Terveydenhoitolain 26 §:ssä tarkoitettuja laitoksia, tehtaita ja varastoja ovat:

1) kaivos ja rikastuslaitos;
2) rauta-, teräs- ja alumiinitehdas;
3) metallitehdas, jossa on peittauslaitos;
4) galvanoimis- ja nikkelöimislaitos;
5) selluloosatehdas, puuhiomo sekä paperi-, pahvi-, kartonki- ja kuitulevytehdas;
6) tekokuitutehdas;
7) puun pyrolyysilaitos, turvetislaamo, kaasulaitos ja höyryvoimalaitos;
8) puun kyllästämö;
9) vettä käyttävä puunkuorimalaitos;
10) meijeri ja maitojauhetehdas sekä jäätelötehdas;
11) teurastamo;
12) sikala, jossa on yli 50 sikaa;
13) juurikassokeritehdas sekä sokeritehdas ja puhdistamo;
14) säilyketehdas, lihanjalostustehdas, elinestehdas ja savustamo;
15) margariinivalmisteita tai muita elintarvikerasvoja valmistava laitos;
16) panimo, maltastehdas ja virvoitusjuomatehdas;
17) tärkkelystehdas, perunankuorintalaitos, perunajauhotehdas ja muu siihen verrattava tehdas;
18) hiivatehdas, alkoholitehdas ja muu käymislaitos;
19) lääketehdas, ei kuitenkaan pakkauslaitos;
20) pellavan ja hampun liuotuslaitos;
21) tekstiilien valkaisulaitos ja värjäämö;
22) villanpesulaitos;
23) nahkatehdas;
24) luujauhotehdas ja liimatehdas;
25) laitos, jossa käsitellään elinjätteitä, sekä kalajauho- ja kalaöljytehdas;
26) ruuti- ja räjähdysainetehdas;
27) lannoitetehdas;
28) tehdas, jossa valmistetaan kasvinsuojelu-, tuhoeläin- tai hyönteismyrkkyjä taikka kasvihormoneja;
29) kloorikalkkitehdas sekä kloori- ja alkalitehdas;
30) pesuainetehdas ja saippuatehdas;
31) öljynjalostamo ja -puhdistamo;
32) polttonesteiden jakeluasema ja palavan nesteen varasto, jossa saa säilyttää yli 100 000 litraa tällaista ainetta;
33) formaliinitehdas ja muu muoviraaka-aineita valmistava tehdas;
34) tehdas, tai muu laitos, josta saattaa joutua vesistöön tai pohjaveteen fenoleja tai muita terveydelle haitallisia aineita;
35) sementti- tai laastitehdas;
36) ydinreaktori;
37) pesulaitos, jonka pesuteho on yli 500 kiloa vuorokaudessa tai jossa käytetään haihtuvia kemikaalioita, jotka saattavat aiheuttaa terveydellistä haittaa;
38) jätteiden käsittely- tai hävittämislaitos;
39) eläintarha, turkistarha ja niiden rehuvarasto;
40) väestökeskuksessa oleva, yleisesti käytetty soranottopaikka (24. 3. 1972/248);
41) kivenmurskaamo ja -louhimo (24. 3. 1972/248);
42) asfalttiasema (23. 3. 1972/248);
43) tehdas tai muu laitos, joka aiheuttaa melua tai josta saattaa joutua ilmaan rikkidioksidia, hajua, savua, pölyä tai muita aineita niin, että siitä aiheutuu terveydellistä haittaa (24. 3. 1972/248), sekä
44) muu niihin verrattava laitos, tehdas ja varasto.

ThA 18 § Edellytyksenä 17 §:ssä tarkoitetun laitoksen, tehtaan tai varaston sijoituspaikan hyväksymiselle on, että tarkoitukseen varattu paikka on sopiva ottaen huomioon yrityksen laadun, sen aiheuttaman melun, ympäristön asutuksen, ilman ja veden saastumisvaaran sekä mahdollisuudet laitoksen vedenhankinnan ja viemäröinnin järjestämiseen.

ThA 19 § Terveydenhoitolain 26 §:ssä tarkoitettua hyväksymistä on haettava sen kunnan terveyslautakunnalta, missä tehdas, laitos tai varasto sijaitsee taikka minne se on suunniteltu sijoitettavaksi. Hakemukseen on liitettävä tarpeelliset piirustukset sekä 18 §:n edellyttämä selvitys.

ThA 20 § Rakennusvalvontaviranomaisen on ennen 17 §:ssä tarkoitetun tehtaan, laitoksen tai varaston rakennusluvan myöntämistä hankittava asianomaisen terveyslautakunnan lausunto.

H. Airas

MURSKAUSLAITOKSISSA KÄYTETTÄVÄT SYÖTTÖ- JA SEULONTALAITTEET

sivu

H. Airas

MURSKAUSLAITOKSISSA KÄYTETTÄVÄT SYÖTTÖ- JA SEULONTALAITTEET

A SYÖTTIMET

Murskauspsosessin moitteeton toiminta edellyttää, että materiaalivirtoja voidaan säätää ja että materiaalivirrat pysyvät säädetyissä määrissään. Tavanomaiset tähän tarkoitukseen käytetyt laitteet ovat: vaunusyötin, tärysyötin, hihnasyötin ja rumpusyötin.

1 Vaunusyötin (kuva 1)

Vaunusyötin soveltuu erityisesti karkean louheen syöttämiseen, joten sen paikka on leukamurskaimen edessä. Vaunusyötin käsittää syöttösuppilon ja sen pohjana olevan edestakaisin liikkuvan vaunun. Syöttimen toiminta perustuu siihen, että pöydän liikkuessa eteenpäin materiaali seuraa mukana, kun taas pöytä taaksepäin liikkuessaan luistaa pois materiaalin alta. Materiaalin tulon taaksepäin estää luonnollisesti suppilon takaseinä. Syöttimen koko ilmaistaan vaunun mittojen perusteella, leveys x pituus. Vaunusyöttimiä rakennetaan kapasiteeteille 50 ... 2000 t/h, jolloin iskuluku on n. 15 iskua/min ja iskunpituus 300 mm. Vaunusyöttimiä on sekä mekaanisia että hydraulisia. Edellä mainituissa edestakainen liike saadaan aikaan vivulla ja epäkeskolla. Hydraulisessa vaunusyöttimessä tarvitaan sylinteri, venttiili ja energialähteenä aggregaatti, jossa sähkömoottori pyörittää säädettävää hydraulipumppua (kuva 2). Vaunun syöttöliikkeen nopeus säädetään muuttamalla pumpun tuottoa ja syöttöliikkeen pituus siirtämällä rajakatkaisijoita, jotka ohjaavat sylinterin venttiiliä. Hydraulisen vaunusyöttimen säätömahdollisuudet ovat laajat ja syötin voidaan helposti kauko-ohjata tai jopa ohjata automaattisesti

murskaimen 2 ottaman tehon perusteella. Vaunusyöttimen leveys valitaan hiukan muskaimen kidan leveyttä suuremmaksi. Varsinkin, jos murskaimen edessä on välppäseula, jonka päällä kiveä voidaan murskaimeen syötettäessä kääntää, on järkevää valita syöttimen aukko selvästi murskaimen kitaa leveämmäksi.

On huomattava, että vaunusyötintä ei normaalisti voida eikä sitä saakkaan ajaa täysin tyhjäksi. Syöttimeen jäävä materiaali suojaa laitoja ja vaunua putoavilta kiviltä. Vain jäätymisen uhatessa on syötin tyhjennettävä täysin, joskin jäätymisvaaraa (ja varsinkin käytönaikaista) voidaan vähentää vaunun ja laidan levyjen takapintaan kiinnitetyillä lämmitysvastuksilla.

2 T ä r y s y ö t i n (kuvat 3 ja 4)

Tärysyötin käsittää syöttökorin tai -rännin, joka on joustavasti kiinnitetty runkorakenteisiin. Täryliike saadaan aikaan joko epäkeskoakselilla tai sähkömagneeteilla. Kun käytetään kahta epäkeskoakselia ja aseteltavia vastapainoja, voidaan iskun suuntaa ja iskun pituutta säätää.

Syöttimen kapasiteetti riippuu olennaisimmin iskun voimakkuudesta ja syöttimen kaltevuudesta (kuva 5). Säädön helppoa toteutusta varten on tärysyöttimiä myös varustettu hydraulisella käytöllä. Hydraulimoottori korvaa tällöin suoraan käyttävän sähkömoottorin. Sähkömagneettiselle tärysyöttimelle (kuva 4) on ominaista lyhyt iskunpituus ja korkea (3000...6000) iskuluku. Kapasiteetti riippuu iskun pituudesta ja syöttimen kaltevuudesta. Tavallisesti kaltevuus vaihtelee 0...12° välillä ja kapasiteetti n. 3 % 1° kohti. Sähkömagneettisiin tärysyöttimiin on myös saatavana tyristori-ohjaus, jolloin kapasiteetti on kaukoohjattavissa ja automatisoitavissa. Sähkömagneettisia tärysyöttimiä valmistetaan myös hyvin suurille kapasiteeteille: jopa 2000 t/h. Tärysyöttimiä käytettäessä on olennaista, että siilossa olevan materiaalin paine ei saa suoraan kohdistua syöttimeen.

3 Hihnasyötin (kuva 6)

Hihnasyötin muistuttaa lähinnä hihnakuljetinta, joka on sijoitettu siilon alle. Kumihihnan leveys vaihtelee 650 - 2000 mm ja nopeus 0,01...0,5 m/s. Syöttökapasiteetti voi vastaavasti vaihdella 3 - 1500 t/h. Silloin tasaista purkautumista silmällä pitäen on Saksassa suoritettu runsaasti kokeita kallistamalla syötintä ja muotoilemalla purkausaukkoa (W. Reisner; M. Eisenhart Rothe; Silos und Bunker für die Schüttgutspeicherung, 1971 D-3392 Clausthal-Zellerfekl, Adolf-Ey-Str.5, Germany).

Hihnasyöttimet varustetaan tavallisesti joko tasavirtakäytöllä tai hydraulisella käytöllä, jotta kapasiteetti olisi helposti kauko-ohjattavissa tai automatisoitavissa. Hihnana käytetään 4 - 6 kudoskerroksista hihnaa, jossa on paksu pintakumikerros. Rullat ovat raskaita 133 tai 159 mm:n teräsrullia n. 300 mm jaolla. Hihnasyöttimiä ei käytetä kaikkein karkeimmille materiaaleille hihnan rikkoutumisvaaran vuoksi, vaan se on tyypillinen murskeen ja sitä hienompien aineiden syötin.

4 Sulkusyötin (kuva 7)

Ympäristönsuojelu edellyttää, että murskauslaitokset yhä useammin on varustettava pölyämisen estojärjestelmällä. Tällöin joudutaan käsittelemään myös hienoja raeluokkia, pölyä. Tavallisesti pöly erotetaan imetystä ilmasta syklonien tai suodattimien avulla. Koska erotustila on alipaineinen, tarvitaan purkauslaite, joka samalla toimii paineensulkulaitteena. Sulkusyöttimessä tällainen materiaalia siirtävä, mutta sulkeva tila muodostuu roottoriin kiinnitettyjen, säteettäisten levyjen ja staattoripesän välille. Syöttimet pyörivät yleensä vakionopeudella joko suoraan vaihteeseen kiinnitettyinä tai kiilahihnakäytöllä. Kierrosluku vaihtelee muutamasta muutamaan kymmeneen kierrokseen minuutissa.

5 Syöttimen huolto

Kuluvista kohdista syöttimet on vuorattu joko teräslevyillä tai kumilla. Jotta syötin ei turmeltuisi on

vuoraus tarkistettava ja uusittava riittävän usein. Syöttimet, joissa on hydraulinen käyttö, vaativat huoltojen yhteydessä ankaraa puhtautta. Jos jokin osa (pumppu tai moottori) vaurioituu tai muuten on mahdollista, että öljyjen mukana vaeltaa epäpuhtauksia, on koko järjestelmä puhdistettava. Muuten "sairaus" siirtyy jatkuvasti paikasta toiseen.

B SEULONTA

Seulonnalla tarkoitetaan materiaalin erottelua eri raeluokkiin käyttämällä verkkoa tai muuta laitetta, jonka aukkoon kunkin rakeen kokoa voidaan verrata. Jotta prosessi olisi jatkuva, täytyy syöte saada liikkumaan seulalla, mikä tapahtuu kiinnittämällä seulaverkko värähtelevään runkoon tai saattamalla verkko värähtelemään siihen suoraan kiinnitettyjen täryttimien avulla. Seulontaa suoritetaan raekoolle 0,1mm - 150mm, mutta rajoitumme tässä käsittelemään täryseuloille tapahtuvaa karkeaseulontaa yli 4 mm erotusrajoilla.

1 Seulakonetyypit ja niiden rakenne

Seulakoneen muodostaa kehys, johon seulaverkot on kiristetty yhteen tai useampaan tasoon ja jossa on koneistot kehyksen saattamiseksi värähtelemään. Seulakori on kannatettu alustastaan jousituksella, joka sallii korin värähtelyt ja eristää ne alustasta. Kori on valmistettu hitsattuna teräsrakenteena. Sitä rasittaa 4 - 5 g voimainen värähtely, nopeudella 15 - 20 HZ s.o. n. 1000 r/min, mikä merkitsee, että se on tyypillinen väsymisrasituksen alainen rakenne, joka on lisäksi altis erilaisille värähtelyille. Yhdellä seulakoneella voidaan syöte jakaa 2 - 4 raeluokkaan. Sitä varten on kone varustettu 1...3 päällekkäisellä verkkotasolla. Tasojärjestelmistä on mainittava ns. 2 1/2 - tasoinen tyyppi (kuva 8), jossa saadaan neljä lajitetta. Tyypin käyttö perustuu siihen, että ylempien seulatasojen karkeammat verkot voivat seuloa saman materiaalimäärän pienemmällä seulapinnalla, joten ylätasolla

voidaan suorittaa kaksi seulontaa. Aputaso voi olla joko sokea levytaso,(jos ylätason alkupää ehtii seuloa tarkasti tai lajitteen puhtaudella ei ole väliä)tai myös siinä voi olla verkko, joka on yleensä sama kuin ylätason alkupää. Samalla seulakoneella ei voi suorittaa seulontaa silmäkooltaan kovin erikokoisilla verkoilla, sillä karkea seulonta vaatii pitkän iskun, kun taas hienossa seulonnassa käytetään pienempää iskua ja korkeaa kierroslukua.

Käyttökoneistoista voidaan mainita seuraavat päätyypit (kuva 9): epäkeskoakselisto, vapaavärähtelyakselisto, suuntaisvärähtelyakselisto, resonanssikoneisto ja tärymoottorit.

Epäkesko-eli laakeriakselisto on näistä vanhin. Tällainen seula on tuettava runkoon, joka edelleen eristetään alustasta. Epäkeskoakselisto on kalliimpi neljän laakerinsa ja apurunkonsa takia kuin vapaavärähteinen akselisto. Silti epäkeskoakselisto puolustaa edelleen paikkaansa esiseulana, jos seulan kuormitus vaihtelee voimakkaasti, sillä seulan kuormitus ei voi pienentää iskunpituutta niin kauan kuin moottorin teho riittää, joten hetkelliset kuormitushuiput eivät voi vaimentaa seulan värähtelyä. Iskun pituutta ei voi säätää.

Vapaavärähtelijäakselisto on nykyään karkeaseulonnassa tavallisin. Sen muodostaa seulakoriin laakeroitu akseli, jonka päissä ja/tai keskellä on epäkeskoinen paino, joka saa korin tekemään pyörivää liikettä. Liikettä ja sen kiihtyvyyttä voidaan säätää paitsi kierroslukua muuttamalla, myös lisäämällä tai vähentämällä vastapainoja. Kierrosluvun lisääminen lisää iskun pituutta jyrkemmin kuin vastapainojen lisääminen, mutta kumallakin tavalla aikaansaatu lisäys on yhtä tehokas verrattuna laakerien rasitukseen, joten riippuu lähinnä seulonnan vaatimuksista kumpaa keinoa käytetään. Vapaavärähtelyseula asennetaan 10...20° kulmaan.

Suuntaisvärähtelijäakselisto muodostuu kahdesta vapaavärähtelijäakselistosta, jotka on hammasvaihteella kytketty pyörimään päinvastaisiin suuntiin samalla nopeudella. Kun eriakselien keskipakovoimat vaikuttavat

asennoissa 2. ja 4. (kuva 9 c) päinvastaisiin suuntiin, jää koria heiluttavaksi voimaksi vuorotellen ylä- ja alaviistoon vaikuttavat voimat, jotka pakottavat myös seulan lähes suoraviivaiseen heilahdusliikkeeseen. Suuntaisakselistossa on samat säätömahdollisuudet kuin VVS-akselistossa, minkä lisäksi voidaan säätää myös iskukulmaa. Kulma on tavallisesti n. 45° vaakatasosta. Jyrkempi kulma terävöittää seulontaa, matalampi lisää kuljetusnopeutta. Suuntaisakselistoa käytetään hienoseulonnassa, jossa iskukulman säätömahdollisuus on tarpeen oikean seulontatuloksen ja -tehon saavuttamiseen. Edelleen SVS-seulaa voidaan käyttää silloin kun rakennekorkeus on rajoitettu. SV-akselisto voidaan rakentaa seulaan paitsi painopisteeseen myös korin yläpuolelle (tai alapuolelle).

Resonanssikoneistossa on seulakori jaettu kahteen eri tasoja kannattavaan osaan, jotka on tuettu toisiinsa jousin ja ohjattu esim. niveltangoilla. Toinen kori voi olla korvattu alusrungolla kuten epäkeskoakselistoseuloissa. Korit heiluvat toistensa suhteen jousivoimiensa ja massojensa määräämällä ominaistaajuudella. Käyttökoneiston tehtävänä on tuoda seulaan kitkan hävittämä energia. Värähdysliike on suoraviivainen. Tehontarve on pienempi kuin muissa em. seuloissa, mutta vastaavasti seula häiriintyy herkemmin kuormitusvaihteluissa koska se on tarkemmin viritetty määrättyä kuormitusta varten. Tämä seulatyyppi on yleinen Keski-Euroopassa.

Pienemmissä seuloissa käytetään em. akselistojen tilalla ns. tärymoottoreita, s.o. sähkömoottoreita, joiden akselien molemmissa päissä on epäkeskopainot. Tällaista moottoria voidaan käyttää yksinään, jolloin toiminta on kuten VVS-seulalla tai parittain, jolloin saadaan seulakorille suoraviivainen liike. Pariasennuksessa moottorit pyörivät vastakkaisiin suuntiin, mutta niitä ei tarvitse mekaanisesti kytkeä toisiinsa, sillä pyörimisnopeudet tahdistuvat automaattisesti värähdysliikkeen ansiosta. Sen takia moottorit voidaan vapaasti kiinnittää esim. seulakorin molempiin sivuihin.

2 Seulan valinta ja tehon laskenta

Murskaustuottei- /seulaa valitessaan on ensin ratkaistava monellako seulalla tarvittavat lajitteet seulotaan. Tällöin on varmistauduttava, että tarvittavat iskunpituus ja kierrosluku ovat riittäviä pitämään karkean tason silmät puhtaana, mutta antavat kuitenkin riittävän tarkan seulonnan hienoimmalla tasolla. Tällöin voidaan suuntaisiskukoneistolla hallita jonkun verran vapaavärähtelijäkoneistoa laajempi alue, kun valitaan korkea iskukulma. Muutoin käytetään SVS-seulaa hienoseulonnassa alle 15 mm:n silmäkoossa tai kun esim. tilasyiden takia halutaan käyttää vaakatasoseulaa. Myös kaikkein suurimmat seulat on varustettu kaksoisakselistolla, koska riittävän suuria tehoja ei muuten saavuteta.

Seulakoneen koko määrätään arvioimalla seulatason käsittelemä kuutiomäärä neliömetriä kohti. Tämä ennen muuta on riippuvainen erotusrajasta (kuva 10). Tätä koskevia käyrästöjä ovat seulavalmistajat laatineet kokeellisesti. Tämän lisäksi tehoon vaikuttavat mm.:

- materiaalin laatu; murskattu vai luonnonsora aineen kitkaisuus tai limaisuus
- raejakautuma; tätä lasketaan mm. Roxonilla tarkkailemalla ylikokoisten ja erotusrajaa puolta pienempien rakeiden osuutta
- verkon silmien osuus koko pinta-alasta sekä reiän muoto ja verkon laatu
- vaadittu seulontapuhtaus
- materiaalin kosteus; aineen liimautuvuus on pahimmillaan jos kosteus-% on 5 - 15 ja materiaalin hienoainespitoisuus mahdollisimman suuri.

Näiden lisäksi on vielä monia muitakin tekijöitä mitkä vaikuttavat sen, että seulan koon valinnassa voi sattua ikäviä yllätyksiä. Tätä varten suorittavat valmistajat jatkuvasti kokeita oikeiden korjauskertoimien löytämiseksi. Roxonilla on tätä varten oma laitos, jossa voidaan materiaalia kierrättämällä tutkia eri tekijöiden

vaikutusta seulontatehoon. Myös asiakkaalle on mahdollista koeajaa näyte omasta materiaalistaan ennen seulan lopullista valintaa. Laitoksen seula on monipuolisesti säädettävä erikoisseula, jolla voidaan simuloida erilaisia seulontatapahtumia. Seulan värähtelyn iskun pituuden määrää erotusraja lähes yksikäsitteisesti, koska saman seulan eri tasoilla on eri kokoiset silmät on isku valittava kompromissina näiden välillä. Seuraava taulukko voi siksi olla vain karkeana ohjeena.

Erotusraja	50	25 - 50	8 - 30	3 - 12
Isku	12	10	8	5

Jotta rajakokoinen kivi ei jäisi kiinni silmään, on seulalle annettava riittävä kiihtyvyys, mikä määrää kierrosluvun, kun iskunpituus on edellä olevan mukaan alustavasti valittu. Kiihtyvyyden tunnuksena käytetään ns. seulonnan tunnuslukua.

$$Kv = \frac{aw^2}{g \cos\beta}$$

a = amplitudi = 1/2 · isku
w = kulmanopeus = $\frac{1}{2\pi \cdot 60} n$ (r/min)
g = 9,81 m/s^2
β = seulan kaltevuus
Huom. oikean tuloksen saamiseksi täytyy myös a antaa metreinä.

Tavallisesti Kv:n arvon täytyy olla n. 3, jotta seulapinnat pysyisivät puhtaana, 4:ä suuremmat arvot eivät yleensä enää paranna seulontaa, vaan päinvastoin huonontavat seulontatarkkuutta. On myös aina muistettava että Kv:n nostaminen rasittaa kaikkia seulan korin osia ja erityisesti laakereita, joiden kestoikä lyhenee tällöin nopeasti. Käytännössä on kierrosluku valittava juuri ja juuri niin suureksi, että verkot pysyvät puhtaina. Sen jälkeen on nopeuden tai iskunpituuden lisäämisellä vain kielteiden vaikutus.

3 Seulaverkot

Verkkoina käytetään tavallisimmin teräslankaverkkoja, kumiverkkoja tai karkeassa erottelussa verkon tilalla välppäkiskoja.

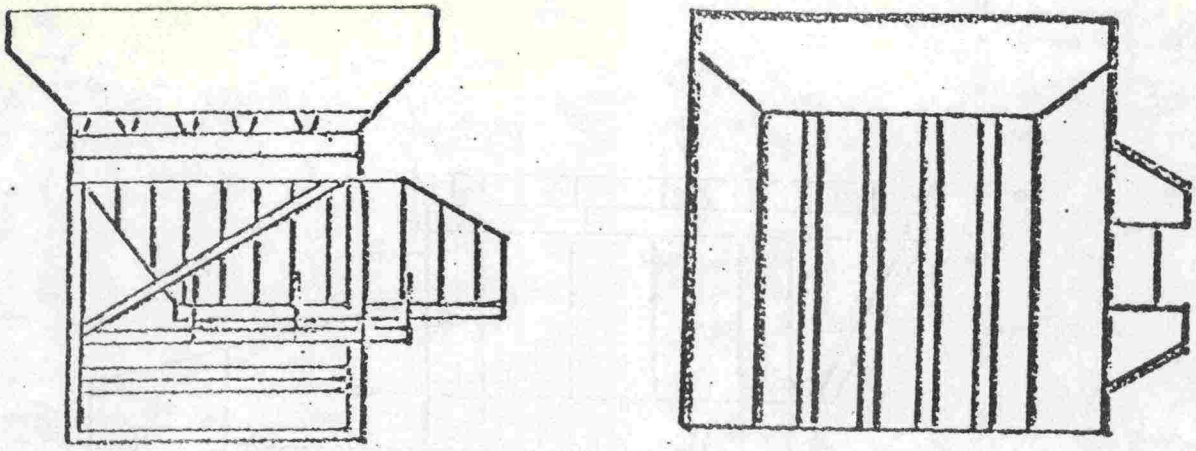
Teräslankaverkot ovat erittäin lujasta seosteräslangasta "pianolangasta" kudottuja verkkoja, joissa on neliö- tai suorakaideaukko. Suorakaideaukko antaa suuremman seulontatehon, mutta ei sovi liuskeiselle tai puikkomaiselle materiaalille. Verkkojen reunassa on koukkumainen teräslevylista, jolla se kiinnitetään korin kiristyslaitteisiin. Verkot on aina kiristettävä huolellisesti ja tasaisesti, ettei mikään verkon osa pääse värähtelemään. Uusi verkko on kiristettävä uudelleen heti parin tunnin käytön jälkeen, sillä "asettuessaan" paikoilleen se venyy nopeammin kuin vanha verkko. Moninkertaisen kulutuskestävyyden ansiosta on karkeaseulonnassa alettu yleisesti käyttää kumiverkkoja. Ne valmistetaan joko kumilevystä rei'ittämällä tai muotteihin vulkanoimalla, jolloin niihin voidaan valaa sisälle jäykisteraudat. Levyistä rei'ittämällä valmistettu kumiverkko on kuitenkin hinnaltaan edullisempi. Jos se on valmistettu sitä varten oikein suunnitellusta kumimatosta ja jos seulakorissa on riittävän pitkän kiristysvaran salliva kiristyslaitteisto, voidaan sitä käyttää poikittain kiristettävän teräslankaverkon tilalla.

4 L a a k e r i t

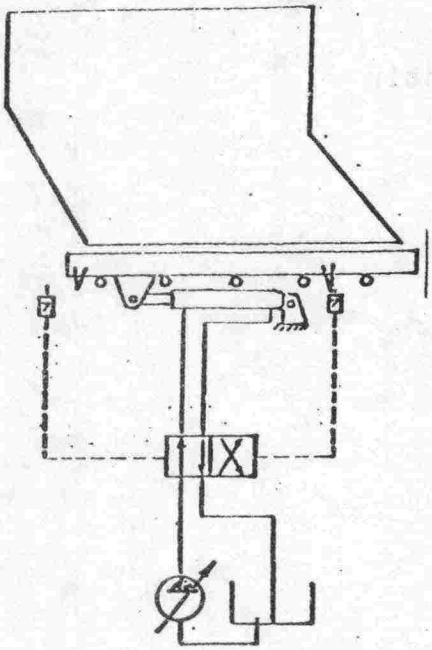
Seulakoneen laakerit ovat erittäin raskaasti kuormitettu sillä ne pyörivät kokoonsa nähden suurella nopeudella. Sitäpaitsi seulan oma värähdysliike pyrkii ravistelemaan laakereiden pikkuosat, rullat ja rullanpitimet rikki.

Siksi seulakoneissa käytetään vain niitä varten kehitettyjä erikoislaakereita. Normaalilaakereita, vaikka ne mitoiltaan ja ulkonäöltään voivatkin olla samanlaisia, ei tule käyttää, sillä useissa tapauksissa niillä on saavutettu vain muutaman tunnin käyttöikä. Samoin on huolehdittava siitä, että uutta laakeria asennettaessa se saa ne käyttöolosuhteet, joihin se on tarkoitettu. Niinpä on tarkistettava pesän pyöreys ja laakerien oikea välys. Ennen muuta vaaditaan tietysti oikea ja säännöllinen voitelu rasvalla tai öljyllä.

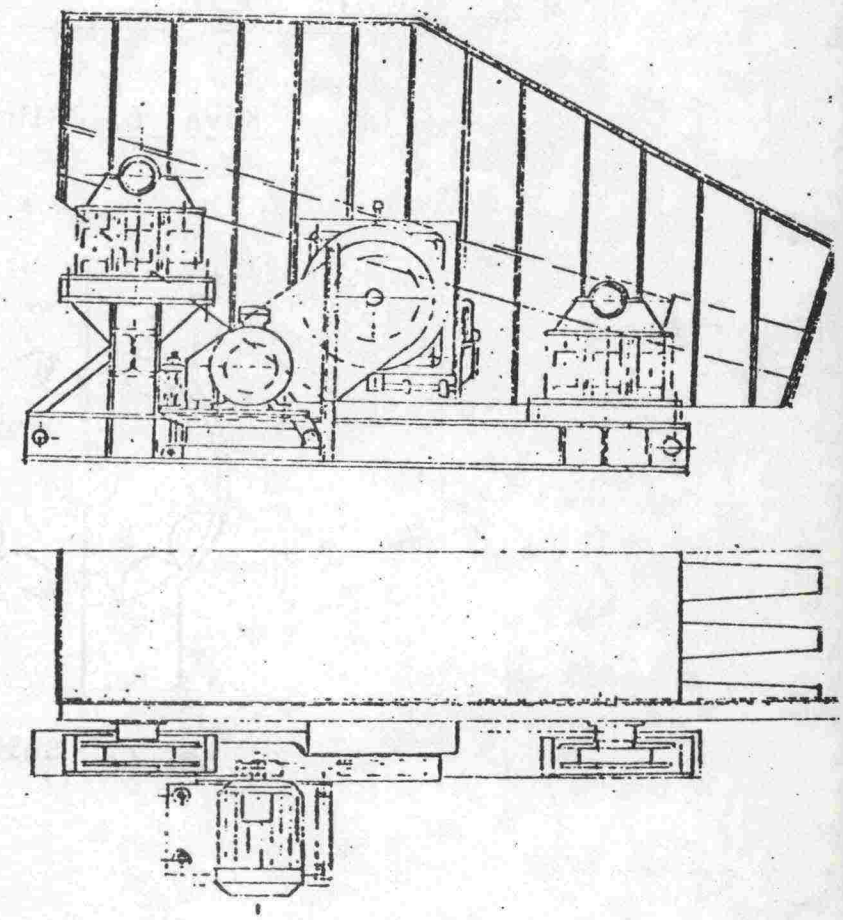
Seula voi olla ostajalle ja myyjälle mielenkiintoinen laite, joka voi aiheuttaa yllätyksiä. Kun sille on sisäänajettu oikeat säätöarvot, se on laite, joka kohtuullisella hoidolla palvelee käyttäjäänsä kunnolla ja kauan.



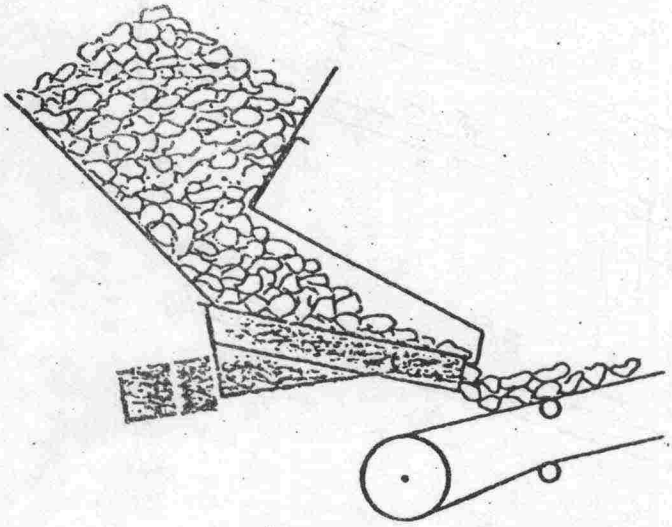
Kuva 1.



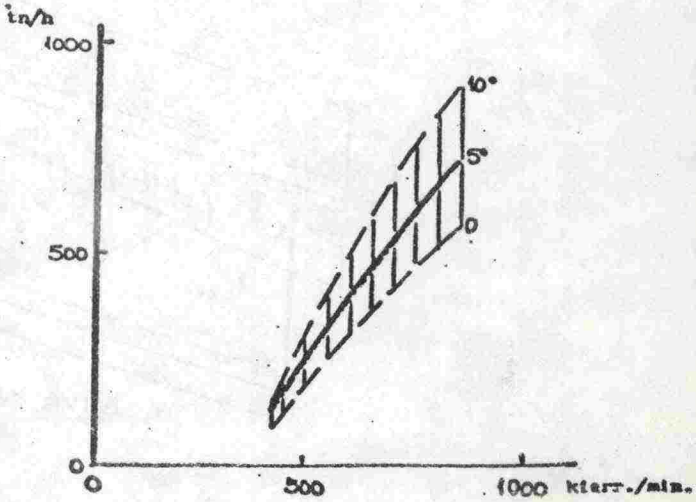
Kuva 2.



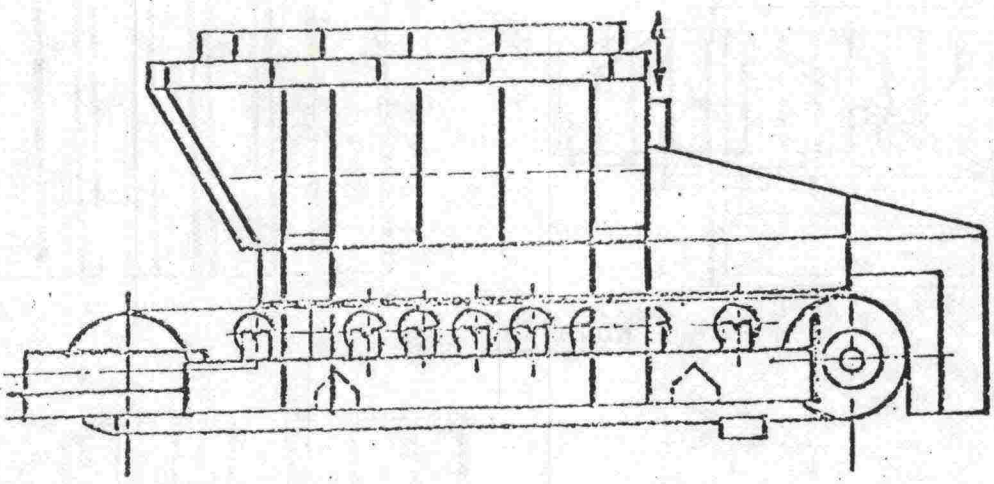
Kuva 3.



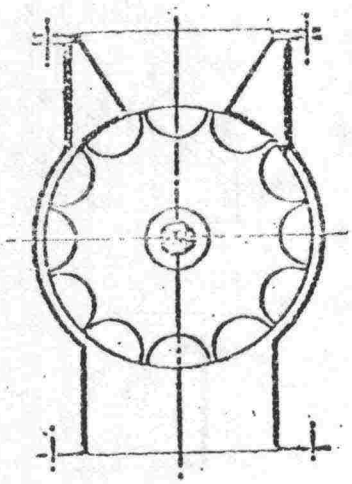
Kuva 4.



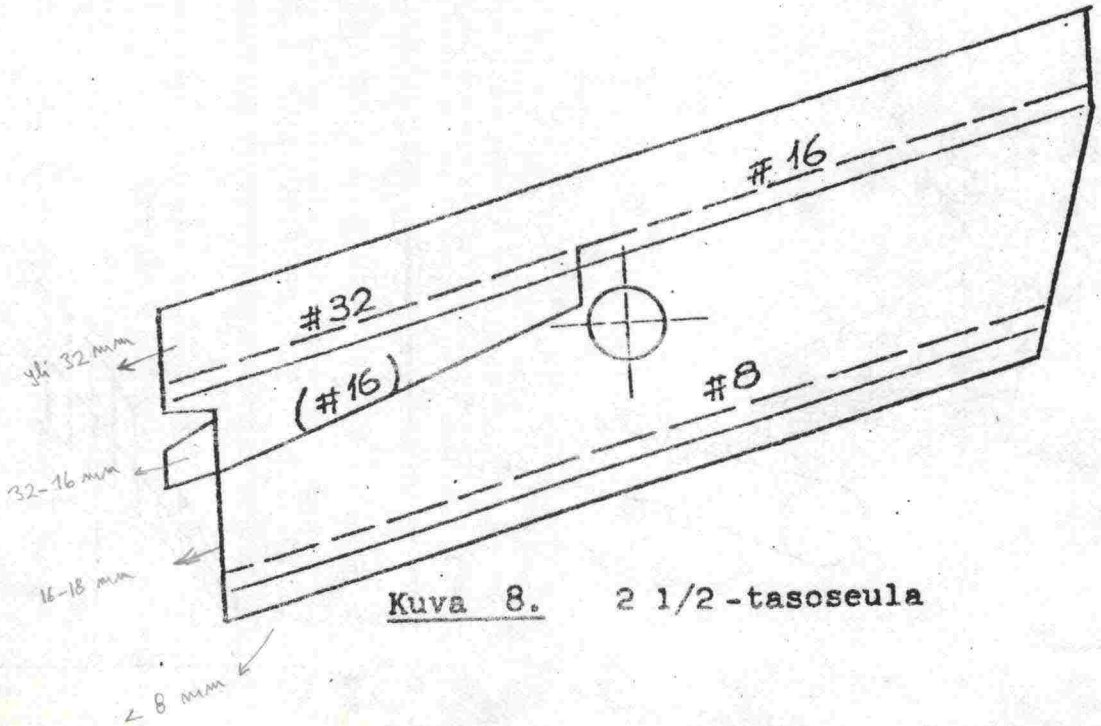
Kuva 5.



Kuva 6. Hihnasyötin



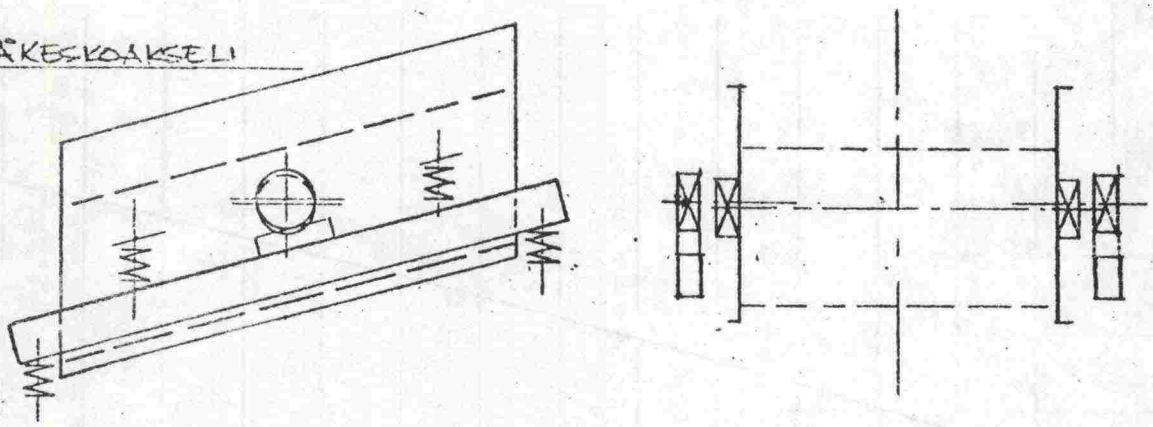
Kuva 7. Sulkusyötin



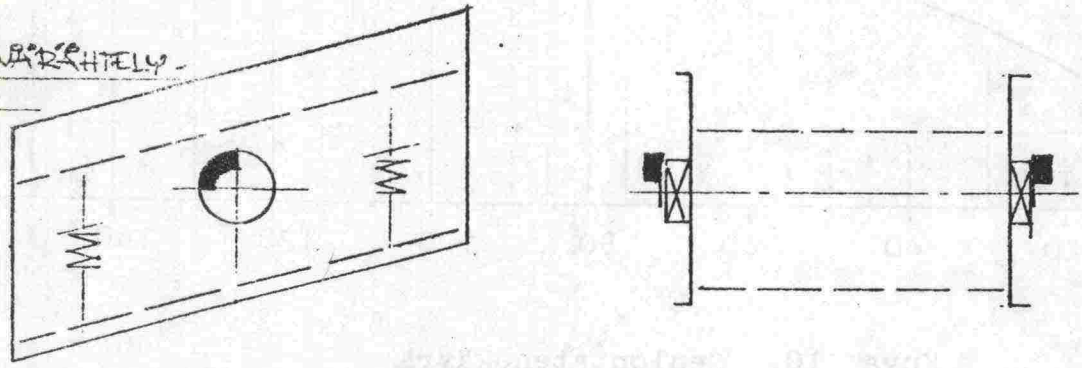
Kuva 8. 2 1/2-tasoseula

Kuva 9. Seulan käyttökoneistot

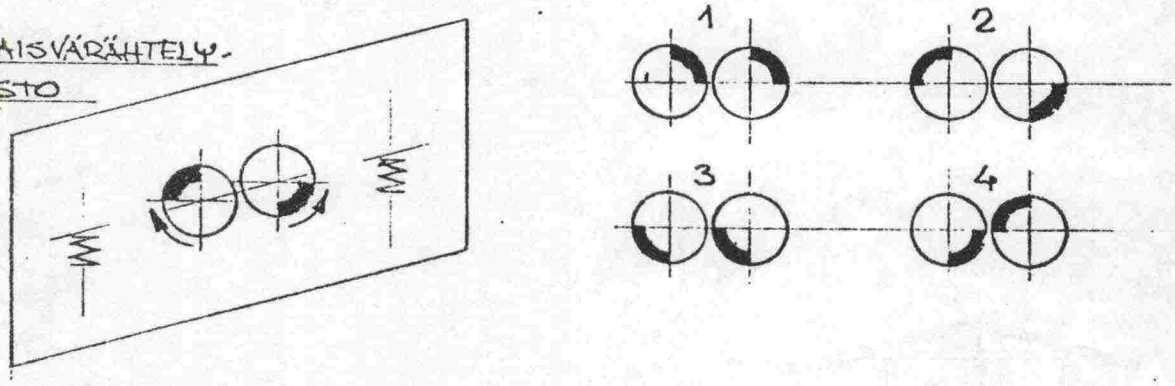
a. EPÄKESKOAKSELI



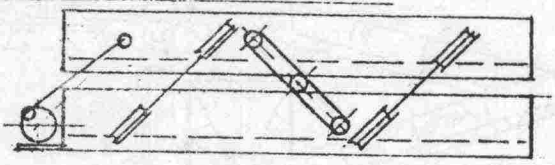
b. VAPAAVÄRÄHTELY-AKSELI



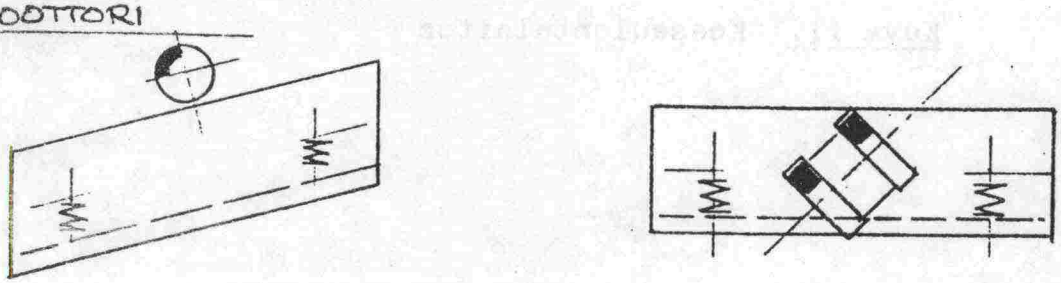
c. SUUNTAISVÄRÄHTELY-AKSELISTO

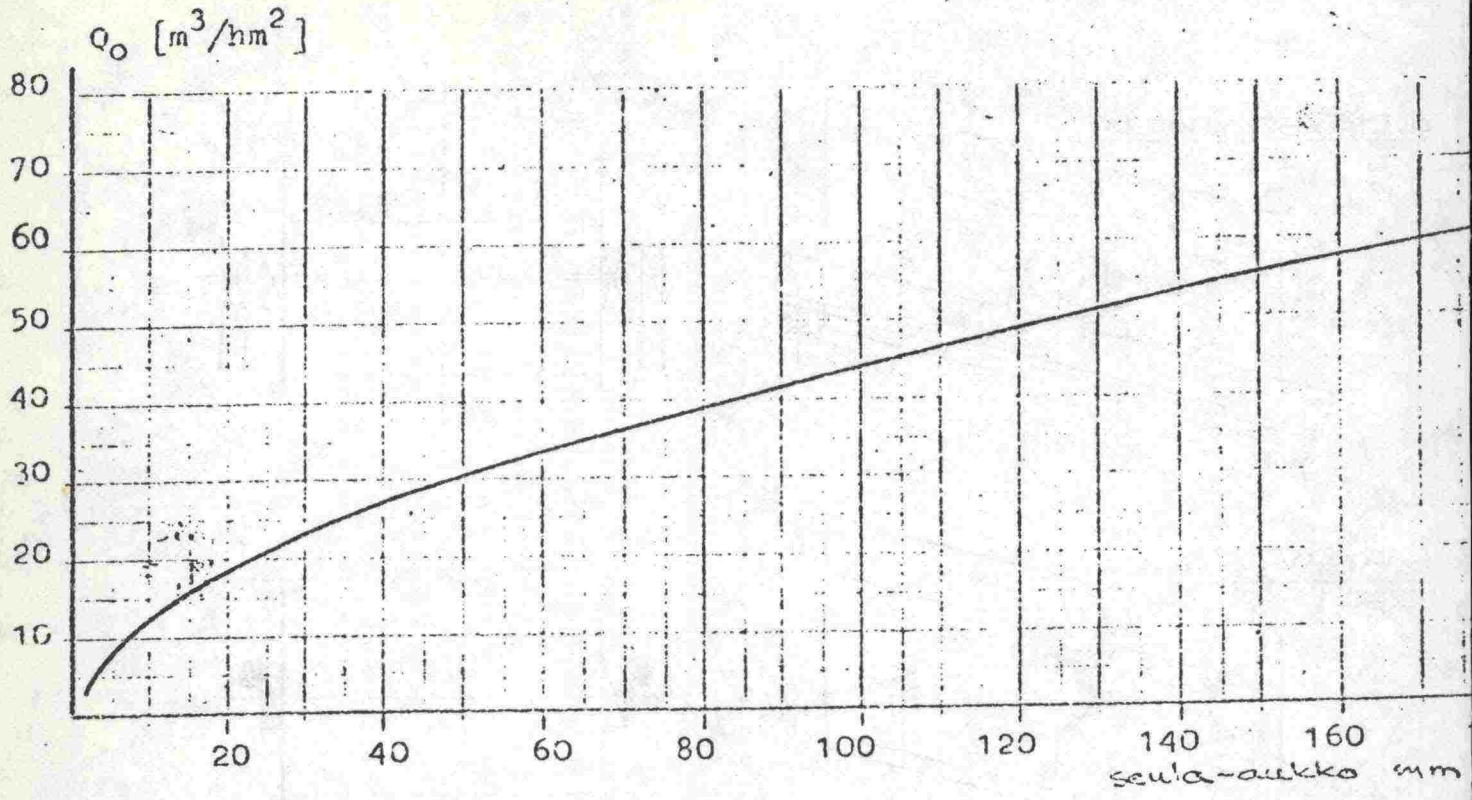


d. RESONANSSIKONEISTO

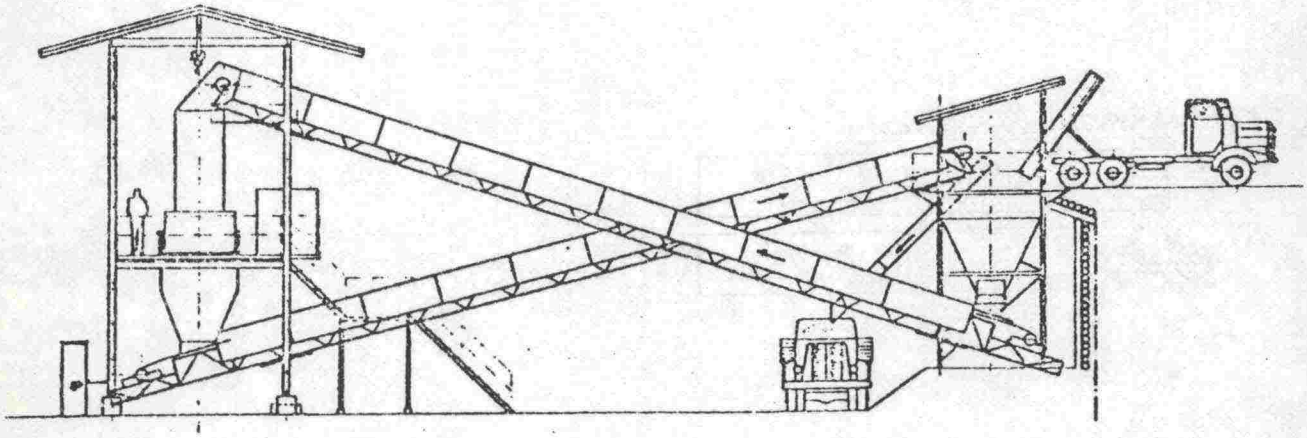


e. TÄRYMOOTTORI





Kuva 10. Seulontatehokäyrä



Kuva 11. Koeseulontalaitos

H. Lehtonen

MURSKAIMIEN RAKENNE JA TOIMINTA

Sivu

H. Lehtonen

MURSKAIMIEN RAKENNE JA TOIMINTA

1 Esimurskaimet

1.1 Esimurskaintyypit

Esimurskaimella tarkoitetaan tässä yhteydessä murskauslaitoksien ensimmäisen vaiheen murskauskonetta, jolla käsitellään joko luonnonkiviainesta tai louhittua materiaalia. Luonnonkiviaineksen vähetessä louhitun materiaalin osuus kasvaa kokonaismäärästä koko ajan ja tämä yhdessä louhintakustannusten kanssa vaikuttaa varsin voimakkaasti nykyään ensimmäisen vaiheen murskaimien kehityksessä. Esimurskaimilta vaaditaan yhä suurempien kivien vastaanottokykyä, mikä johtaa suurempien koneyksiköiden yleistymiseen. Esimurskaintyyppejä, kuten yleensäkin murskainkoneita, on erittäin monia. Tyypit eroavat toisistaan mekanismin ja murskausperiaatteen mukaan. Yleisimmät konetyypit rikkovat kivet suoraan puristamalla, mutta myös iskuenergiaan perustuvia esimurskaimia on käytössä.

Vanhin esimurskaintyyppi, joka on yleistynyt käytössä, on Blake-murskain (kuva 1). Tämä leukamurskaintyyppi on vuodelta 1858 ja on edelleenkin käytössä. Blake-murskaimen rakenne on varsin kallis, koska tarvitaan kaksi laakeroitua akselia ja kaksi työnninlaattaa. Blake-murskainta valmistetaan nykyäänkin varsin paljon, tosin rakenteita on parannettu ja murskaimen liikekuvio on nykyään parempi kuin vanhoissa malleissa. Nykyaikaisesta Blake-murskaimesta on esimerkkinä Kue-Ken-murskain (kuva 2), jossa heiluri on laakeroitu kidan puolittajalle ja asetusta säädetään kiinteän leuan puolelta.

Blake-murskaimesta on myöhemmin kehitetty yksinkertaisempi malli, yksiakselinen leukamurskain

(kuva 3), josta me Lokomossa käytämme nimitystä kiertomurskain. Kiertomurskaimessa on vain yksi laakeroitu akseli ja työnninlaatta, mistä johtuen rakenne on halvempi kuin Blake-murskaimissa. Leukamurskaimia on myös muilla mekanismeilla toimivia, mutta ne ovat harvinaisempia.

Varsin nopeasti suurissa tuotantoyksiköissä yleistyy esimurskaimena nykyään suuret karamurskaimet (kuva 4). Näille koneille on ominaista varsin suuret kapasiteetit ja suuri kiven vastaanottokyky. Tällaisia suuria esimurskainkaroja valmistetaan sekä pyörähdyssymmetrisellä että epäsymmetrisellä kitamuodolla varustettuna.

Iskupalkkimurskain (kuva 5) soveltuu esimurskaukseen pehmeillä kivilaaduilla ja onkin tässä käytössä varsin yleinen sellaisissa maissa, missä kiven laatu mahdollistaa käytön. Iskupalkkimurskaimia valmistetaan yksi- ja kaksiroottorisia malleja ja niissä on yleensä säleikkö, joka estää liian suurten kivien läpimenon.

1.2 Esimurskaintyyppien yleisyys Suomessa

Suomen olosuhteista johtuen vain muutamat murskaintyypit ovat yleistyneet täällä. Suomessa kallioperä ja luonnonkivimateriaali ovat erittäin lujia ja vaikeasti murskattavia. Lisäksi ilmastolliset olosuhteet, varsinkin alhaiset läpötilat aiheuttavat ankarat vaatimukset murskaimille ja niiden rakenneaineille. Näistä vaatimuksista johtuu, että ainoastaan rakenteeltaan yksinkertaiset ja lujat murskaimet menestyvät Suomessa. Ehdottomasti yleisin esimurkaintyyppi on meillä tällä hetkellä kiertomurskain, jonka hyvät ominaisuudet pääsevät oikeuksiinsa meidän oloissamme. Blakemurskainta on myös jonkun verran käytössä, mutta johtuen sen mutkikkaasta rakenteesta ja pienemmästä kapasiteetista kiertomurskaimeen nähden se ei ole erityisen kilpailukykyinen.

Muista esimurskaintyypeistä tulee Suomessa lähinnä kysymykseen isot karamurskaimet, mutta nämä koneet vaativat suuret tuotantoyksiköt ja tulevat lähinnä kysymykseen kaivoksissa ja suurissa avolouhoksissa. Normaaleissa sepelimurskaamoissa näin suuret koneet ovat harvinaisia ja pohjoismaissa onkin tiettävästi ainoastaan kaksi sepelilaitosta, jotka käyttävät näitä koneita.

Johtuen kiertomurskaimen yleisyydestä Suomessa, seuraavassa keskitytäänkin lähinnä tämäntyyppisiin koneisiin.

2 Kiertomurskaimet

2.1 Toimintaperiaate

Kiertomurskaimen mekanismi on ns. nivelnelikulmio (kuva 6). Mekanismin muodostavat kampiakseli, heiluri ja kiertokanki. Käytännössä on koneen näille osille vakiintuneet seuraavat nimet: kampiakselia sanotaan epäkeskoakseliksi, heiluria työnninlaataksi ja kiertokankea heiluriksi. Koneen toimiessa epäkeskoakseli kiertyy ympäri, työnninlaatta tekee edestakaista heiluriliikettä ja heiluri tekee kiertokoneelle ominaista yleistä tasoliikettä. Koneeseen syötetyt kivet särkyvät etupäädyn ja heilurin välissä heilurin lähestyessä etupäätyä. Koneen energiankäytön kannalta on huomattava, että kone tekee työtä ainoastaan heilurin puristavan liikkeen aikana, kun taas paluuliike tapahtuu ilman energian tarvetta. Kiertomurskaimessa onkin oltava suuret vauhtipyörät, jotka tasaavat sähkömoottorin tai muun voimalähteen kuormitusta. Mutta on huomattava, että koneen kulmanopeus vaihtelee työkierron aikana, joten esim. sähkömoottorin toimintapiste liikkuu nimellistehon kahta puolta. Sähkömoottorien kohdalla on edellä oleva seikka huomioitava mitoitettaessa sähköverkkoa ja moottorin varolaitteita. Kiertomurskain on kuormituksen epätasaisuusasteen kannalta kuitenkin parempi kuin Blake-murskain, jossa koko kita liikkuu samassa vaiheessa. Kiertomurskaimessa kidan ala- ja yläosan välillä on vaihesiirto, josta johtuen työisku kestää 3/4 kierrosta ja puhtaan paluuiskun osuudeksi jää ainoastaan 1/4.

Kiertomurskaimen mekanismin luonteesta johtuen (suurin ja painavin osa, heiluri, on yleisessä tasoliikkeessä) ei konetta voida yksinkertaisin, taloudellisesti mahdollisin keinoin tasapainottaa dynaamisesti täysin.

Tasapainotus vauhtipyöräpainojen avulla minimoi ainoastaan tukireaktioiden vaihtelun, tehden ne harmoonisemmiksi ja symmetrisiksi. Mekanismin dynaamisiin voimiin liittyy myös palautintankojen tarve (pitämään työnninlaatan päät nivelpisteissään), koska työnninlaatta ei voi välittää vetovoimia. Asennettaessa kiertomurskainta varsinkin palkkirungon päälle, on koneen dynaamiset reaktiot huomioitava jalkojen sijoittelussa, sekä palkkien jäykkyyttä valittaessa, ettei koneen aiheuttamat rakenteen heilahtelut tule liian suuriksi. Koneen toimintaperiaatteesta johtuen on sen käynti kuitenkin tasaisempaa kuin Blake-murskaimen, jossa heiluri tekee edestakaista liikettä.

2.2 Kiertomurskaimen kapasiteetti

Kiertomurskaimen, kuten muidenkin murskainten todellinen kapasiteetti on vaikeasti määriteltävä suure. Usein käsitetään kapasiteetilla ainoastaan koneen läpi menneen materiaalivirtauksen suuruutta:t/h tai m3itd/h, puuttumatta siihen seikkaan, mitä materiaalille on tapahtunut koneessa. Tästä syystä on helppo leikkiä suurilla luvuilla mainoksissa ja jopa teknisissä esitteissä olettamalla esimerkiksi ominaispaino suureksi ja koneen murskaussuhde pieneksi, jolloin vaatimattomankin suorituskyvyn omaavalle koneelle saadaan mahtava kapasiteetti.

Jos esimerkiksi leukamurskain optimoitaisiin pelkästään mahdollisimman suurta läpivirtausta ajatellen, ei materiaalia kannata pysäyttää koneessa, vaan antaa sen pudota vapaasti koneen läpi, jolloin läpivirtaus on varmasti suurin mahdollinen, mutta koneen tekemä murskaustyö nolla. Yleisimmin kapasiteetit ilmoitetaan nykyään eri levyisille koneille asetuksen eli

pienimmän ala-aukon funktiona, joko keskimääräisinä tai huipputehoina. Taulukoissa ilmoitetaan ainoastaan läpivirtausmäärät tunnissa joko kuutioina tai tonneina. Pelkän läpivirtausmäärän tarkastelu eri koneiden välillä antaa huonon kuvan todellisista suorituskyvyistä. Läpivirtausmääriin tulisi liittää joku todelliseen murskaustyöhön liittyvä kerroin, joka olisi riippuvainen saavutettavasta aukkosuhteesta, murskattavan kiven lujuusominaisuuksista ja kiven kitkaominaisuuksista. Kun otetaan huomioon, että todelliseen murskaustyöhön vaikuttaa vielä materiaalin jakautuma ennen murskainta ja murskaimen jälkeen, joilla molemmilla on laaja tilastollinen hajonta, havaitaan, että
yhteiseen sopimukseen eri valmistajien kesken tällaisen kertoimen määrittelyperusteista on vaikea päästä. Jakautumat ennen ja jälkeen murskaimen voitaisiin tietysti normioida aukkosuhteesta riippuviksi, jolloin asia yksinkertaistuisi tällä kohtaa. Tässäkin on vaikeutena esim. koneen jälkeisen jakautuman ylisuuruustekijän riippuvuus iskun pituudesta, joka eri koneilla on usein eri suuri.

Pitäisinkin ainoana mahdollisuutena murskaimen todelliseen käyttöarvoon perustuvan kapasiteetti-määritelmän aikaansaamiseksi alan kansainvälisen työryhmän perustamista, joka sopisi mahdollisimman totuudenmukaisesta menettelytavasta. Koska tällä hetkellä ei tällaista määritelmää ole, kehottaisinkin konevertailussa kiinnittämään koneen leveyden lisäksi erityistä huomiota koneen leukapituuteen, jolla on suuri merkitys saavutettavaan murskaustyöhön nähden.

Jos tarkastellaan materiaalin purkautumista kiertomurskaimesta (kuva 7), havaitaan eräitä koneesta riippuvaisia tekijöitä, jotka vaikuttavat suurimpaan mahdolliseen teoreettiseen läpivirtausmäärään. Kuva esittää koneen leukoja halkileikattuna viimeisellä puristustasolla. Liikkuvan leuan etuasento on piirretty ehjällä viivalla ja taka-asento pilkkuviivalla. Kuten kuvasta näkyy,

mahtuu koneesta putoamaan pinta-alaa A vastaava materiaalimäärä, jos koneen leuan liike taka-asentoonsa vie saman ajan kuin tarvitaan matkan H putoamiseen. Koneiden kierrosluku valitaankin usein vastaamaan putoamismatkaa H, jolloin koneesta purkautuu materiaalia tilavuutta A x B vastaava määrä, jos B on koneen leveys. Kuvan putoamismatkaa H vastaavaa kierroslukua sanotaan koneen kriittiseksi kierrosluvuksi ja riippuen koneen toimintapisteestä sanotaan koneen toimivan joko alikriittisellä tai ylikriittisellä kierrosluvulla. Kuvasta havaitaan, että kiertomurskaimen kapasiteettiin ja puristustasojen lukumäärään kidassa vaikuttaa, koneen kierrosluku, iskunpituus, asetus L ja kitakulma d, jotka kaikki ovat kapasiteettia ajatellen riippuvaisia toisistaan, niin että niiden suhteen ei voi tehdä yksinkertaisia vertailuja, joita kuitenkin aina silloin tällöin näkyy tehtävän. Näiden suureiden vaikutus kapasiteettiin riippuu myös koneen toimintapisteestä, eli siitä ollaanko ylikriittisellä vaiko alikriittisellä toimintaalueella. Kuitenkin, jos toimitaan kuvan 7 toimintapisteessä, kannattaa kiinnittää huomiota iskunpituuteen S, koska näillä ehdoilla pitempi iskuliike antaa aina myös paremman ominaiskapasiteetin. Iskunpituutta rajoittaa yleensä minimiasetuksen suuruus, johon nähden isku ei saa muodostua liian suureksi.

Kiertomurskaimen kapasiteetti on myös suuresti riippuvainen syötteen laadusta ja koneen suunnittelussa on aina tehtävä suuri joukko kompromissejä erilaisia syöttömateriaaleja ja prosesseja varten. Koneen suorituskyvyn tulee olla hyvä laajalla alueella ja harvoin voidaan suunnitella konetta jotakin määrättyä murskaustehtävää tai prosessia varten, koska valmistusmäärät eivät tällaisissa erikoismurskaimissa ole riittävän isoja. Eräs mahdollisuus tällä alalla on suunnitella standardimurskaimien rakenteet niin, että koneen murskausominaisuudet ovat helposti muunneltavissa erikoistarpeita varten.

2.3 Murskaussuhde

Yleensä murskaussuhteella tarkoitetaan syötteen suurimman kappalekoon suhdetta tuotteen suurimpaan kappalekokoon. Muitakin määritelmiä käytetään ja tästä johtuen ilmoitetut arvot poikkeavat toisistaan. Todellinen murskaussuhde- ja siis myös murskaustyömäärä- riippuu suuresti materiaalin jakautumasta ja murskaimen murskausominaisuuksista. Jos ajatellaan kiertomurskainta ja niiden ominaisuuksien vertailua keskenään pitäisinkin parempana puhumista aukkosuhteesta, jolla tarkoitan murskaimen suurimman sisäänmenoaukon suhdetta pienimpään käytettävään ulostuloaukkoon. Molemmat mitat on saatavissa jokseenkin yksikäsitteisesti esitteistä, koska toinen on sama kuin kitasyvyys ja toinen käytössä oleva asetus.

Jos ajatellaan toista määritelmää, hajontaa syntyy jo alisuuruus- ja ylisuuruustekijöiden määrittelyn kohdalla, joka poikkeaa eri valmistajilla suurestikin.

Kiertomurskaimen suurimman mahdollisen saavutettavissa olevan murskaussuhteen määrää tilakysymykset viimeisellä puristustasolla, koska vajoamispinta-ala (tilavuus) (kuva 8) pienenee alaspäin kidassa mentäessä, on materiaalin keskimääräisen tiheyden kasvettava koneessa, että jatkuva läpivirtaus voisi tapahtua. Tiheyden kasvulle asettaa rajan kiintoaineen tiheys, koska tämän jälkeen murskausvoimat kasvavat erittäin suuriksi ja kone ylikuormittuu. Kiertomurskaimen tilantarpeesta alaosassa johtuu myös se,että sitä on syötettävä rajoitetusti, tukahduttava syöttö aiheuttaa liian suuren materiaalin keskimääräisen tiheyden kidan yläosassa, jotta sillä olisi mahdollisuutta mennä läpi myös kidan alaosassa. Normaalisti aukkosuhteen maksimiarvoina voidaan pitää 8...10, joista jälkimmäinen vaatii jo viistotut tai muuten muotoillut leuat, tai erikoistoimenpiteitä syöttötavassa. Jos näistä arvoista lasketaan murskaussuhde olettamalla, että sisäänmenevän kiven maksimikoko on 80 % kitasyvyydestä ja ylisuuruustekijä 1,55, saadaan murskaussuhteelle

arvot 4...5,2. Murskaussuhteen maksimiarvot ovat siis välillä 4...6 riippuen koneiden yksilöllisistä eroista.

Todellinen murskaussuhde ja murskaustyö on riippuvainen materiaalin jakautumasta ennen murskainta ja jälkeen murskaimen. Jos tiedetään jakautumat eri raeluokkien kesken ennen ja jälkeen murskaimen, on mahdollista piirtää murskaussuhdekäyrä ja määrittää myös keskimääräinen todellinen murskaussuhde. Tällaisen keskimääräisen murskaussuhteen arvo jää yleensä alle 4 ja on sen määrittely esimurskainten kohdalla varsin vaikeata johtuen syötteen suuresta hajonnasta ja suuresta kappalekoosta. Kappalekoko on myös esimurskaimen jälkeen niin suuri, että normaalisti ei voida tehdä seula-analyysiä.

2.4 Rakenneperiaatteet

Kiertomurskaimen rakennetavat eroavat toisistaan aika tavalla riippuen valmistavan tehtaan valmistusteknillisistä mahdollisuuksista ja myös siitä kuinka vanhoja tyyppejä koneet ovat. Joitakin yleisiä rakenneperiaatteita voidaan kuitenkin mainita, jotka ovat tyypillisiä hyville murskaimille.

Koneiden rungot voivat olla yhtenäisiä tai rakennettu osista, jolloin (kuva 9) yleisin jako on etupääty, takapääty ja sivulevyt, jotka ovat liitetyt toisiinsa jollakin vahvalla liittämismenettelyllä. Tällainen runko voidaan tehdä levystä hitsaamalla tai valamalla teräsvalusta. Runko voi olla myös yhdistetty teräsvalu- ja levyrakenne. Kiertomurskaimen rakenne joutuu tilastollisesti varsin vaihtelevan väsyttävän kuormituksen alaiseksi. Tällaisen keskimäärin väsyttävän rasituksen lisäksi murskaimissa on huomioitava satunnaiset pahatkin ylikuormitukset, joita esiintyy tilastollisten yhteensattumien tai vahinkojen seurauksena ja jotka aiheuttavat esimerkiksi varolaitteiden pettämisiä. Murskaimen pitkän teknillisen iän takia näitä on myös pidettävä aikalujuusalueella olevina väsyttävinä kuormituksina. Meidän oloissamme on myös huomioitava erittäin alhaiset käyttölämpötilat. Kaikista edellä olevista vaatimuksista

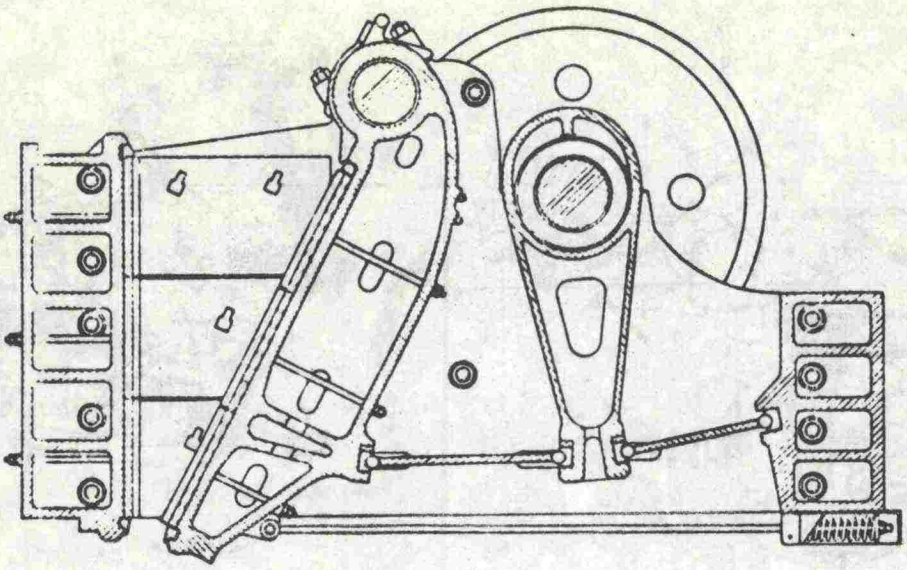
johtuen raaka-aineen - mistä murskaimet rakennetaan - pitää omata hyvä murtovenymä, hyvät iskusitkeysominaisuudet alhaisissa lämpötiloissa, hyvä väsymislujuus ja riittävä myötöraja ja murtolujuus. Osien muotoilu on voitava suorittaa myös niin, että syntyy mahdollisimman vähän jännityshuippuja. Pidänkin parhaana mahdollisena rakennetapana hyvät sitkeys- ja väsymislujuusominaisuudet omaavan teräsvalun käyttöä kaikissa rasitetuissa murskaimen osissa. Hitsatuissa rakenteissa on aina vaikeata saavuttaa yhtä hyvää muotoilua, murtovenymää, iskusitkeysominaisuuksia ja väsymislujuutta. Murskaimien rakenteissa tarvitaan aina ylimääräistä sitkeyttä. Parhaat mahdollisuudet saavuttaa hyvät lujuusominaisuudet murskaimien runkoihin ja muihinkin osiin on valmistajilla, joilla on riittävän suorituskykyinen oma valimo. Samat yleiset rakenne- ja mitoitusperiaatteet kuin murskaimien rungoille pätevät myös heilureihin nähden.

Vaativan rakenneyksityiskohdan kiertomurskaimissa muodostaa epäkeskoakseli laakereineen. Sekä akseli, että laakerit ovat suuren rasituksen alaisia ja akseli pyörii varsin suurella kierrosluvulla. Ainoa kunnon laakerointitapa tehohäviöiden ja kestoiän kannalta on vierintälaakerointi. Vierintälaakereista pidän parhaana tähän tarkoitukseen pallomaista rullalaakeria, vaikka muunkintyyppisiä laakereita käytetään. Laakeroinneissa pyritään nykyään siihen, että kaikki neljä laakeria ovat samaa kokoa sekä sokkelorengastiivisteet ja laakerikannet ovat kaikissa väleissä samat. Paras laakerien voitelutapa on rasvavoitelu suoraan laakerin ulkorenkaassa olevan reiän kautta laakerin läpi. Voitelulla on laakerien lisärasvan tarpeen lisäksi erittäin suuri puhtaanapitomerkitys. Riittävän usein laakeriin lisätty rasva vie poistuessaan tiivisteiden kautta sisään pyrkivän pölyn ja lian mukanaan. Voitelumäärissä onkin määräävänä laakerien puhtaana pysyminen.

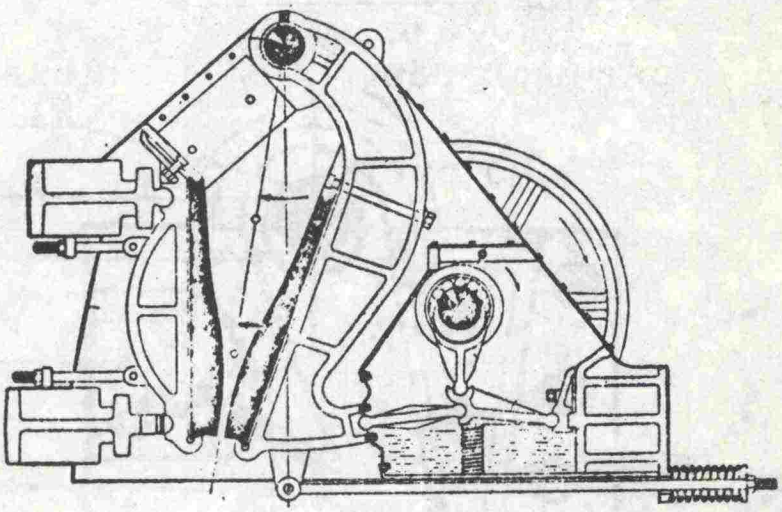
Toisen mekanismiin liittyvän liikkuvan osan, joka on kovan rasituksen alaisena, muodostaa työnninlaatta laakereineen. Työnninlaatan asemalla ja kulmalla

epäkeskoakseliin ja heiluriin nähden on suuri merkitys kiertomurskaimen liikekuvioon ja murskausominaisuuksiin. Työnninlaatta muodostaa yksinkertaisena osana myös usein varolaitteen, joka pettää määrätyn rasituksen alaisena, estäen siten suurempien vaurioiden syntymisen. Työnninlaatan ominaisuuksiin kuuluukin omata riittävä väsymislujuus jatkuvassa käytössä, mutta sen on kuitenkin murruttava salamannopeasti todellisen ylikuormituksen sattuessa hallitulla voimalla. Lisäksi työnninlaatan päiden pitää olla kovat suurien pintapaineiden takia. Työnninlaattoja onkin rakennettu monilla eri periaatteilla, joilla kaikilla kuitenkin pyritään edellä mainittuihin ominaisuuksiin. Työnninlaatan laakerit toimivat nykyisin ilman voitelua "keinutuoliperiaatteella" ja niiltä vaaditaan lähinnä suurta kovuutta ja kulumiskestävyyttä. Työnninlaatan yläpään laakeri on yleensä liikuteltavissa asetuksen säädön takia. Asetuksen säätöä varten on useita eri järjestelmiä. Asetuksen säätölaitteilta vaaditaan lähinnä luotettavuutta ja voimia tasaavaa vaikutusta, jotta työnninlaattavoima kohdistuisi mahdollisimman laajalle osalle runkoa.

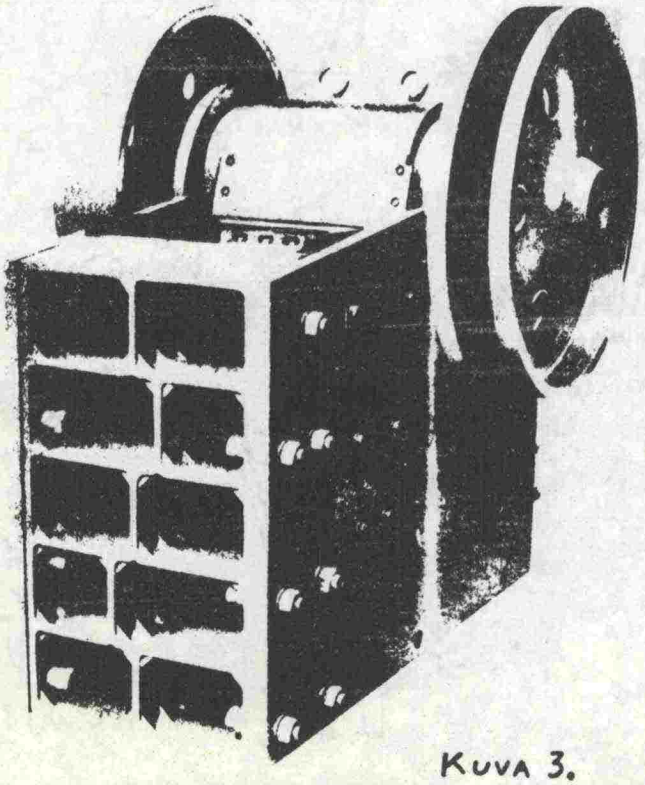
Oma tärkeä tehtävänsä on myös murskaimen kitavuorauksella, joka joutuu kosketuksiin suoraan kivien kanssa. Leukaaineita on pyritty kehittämään monilla eri tavoilla, mutta mangaaniteräs on pitänyt hyvin pintansa. Uudet leuka-aineet, esim. Ni-HARD leuat, ovat menestyneet pääasiassa erikoisolosuhteissa, mutta yleisleuaksi niistä ei ole ollut. Eräs tärkeä seikka mangaaniteräsleukoja käytettäessä on leukojen kiinnitys, jonka tulee olla riittävän joustava, että se kestää leuan muokkaantumisen kidassa. Sivukiila-aineena mangaaniteräs ei ole paras mahdollinen, vaikka sitä paljon käytetäänkin. Sivukiiloihin ei kohdistu käytössä riittävästi iskumaisia rasituksia, jotta kiilan kovuus lisääntyisi riittävästi. Tällä alueella uusilla kulutuksenkestävillä teräksillä on hyvät mahdollisuudet menestyä.



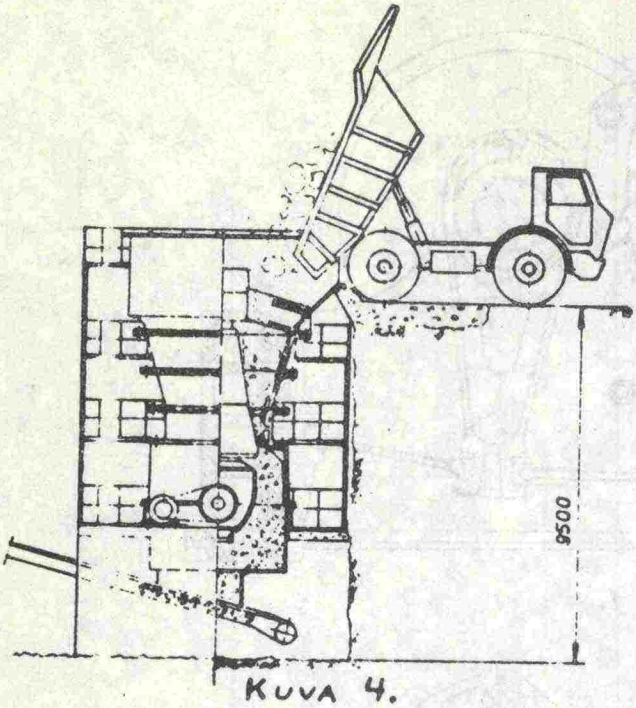
KUVA 1.



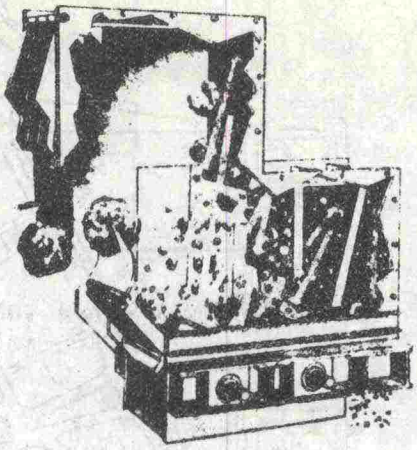
KUVA 2.



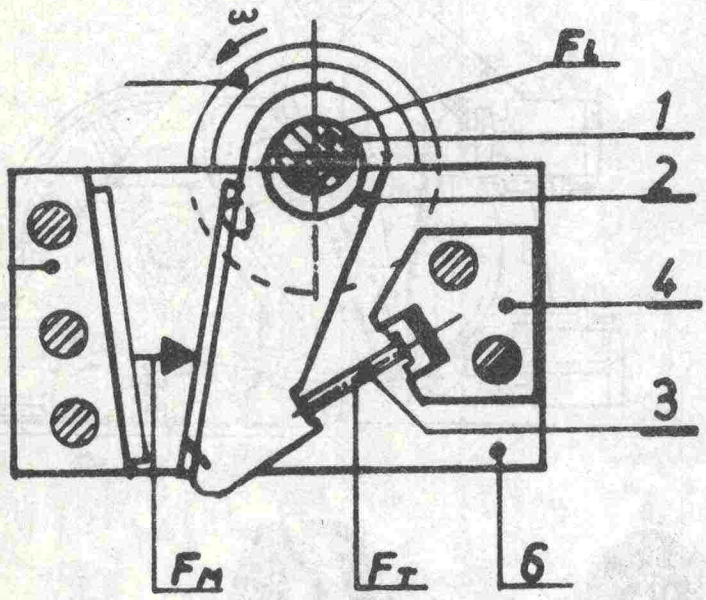
KUVA 3.

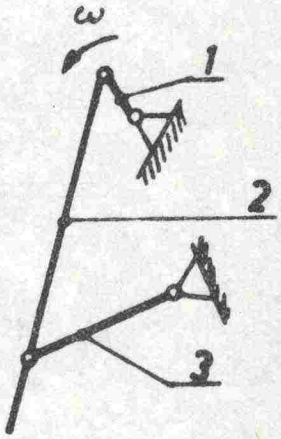


KUVA 4.

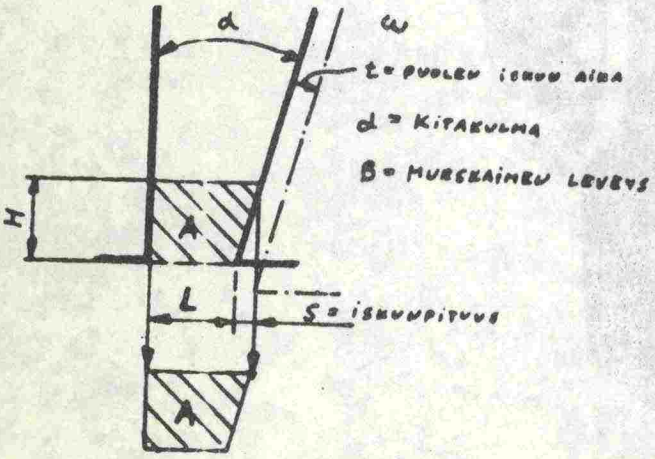


KUVA 5.

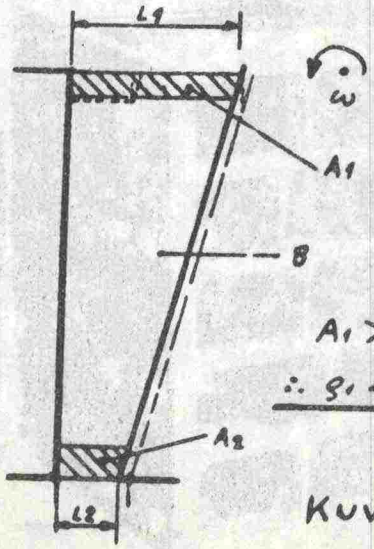




KUVA 6.



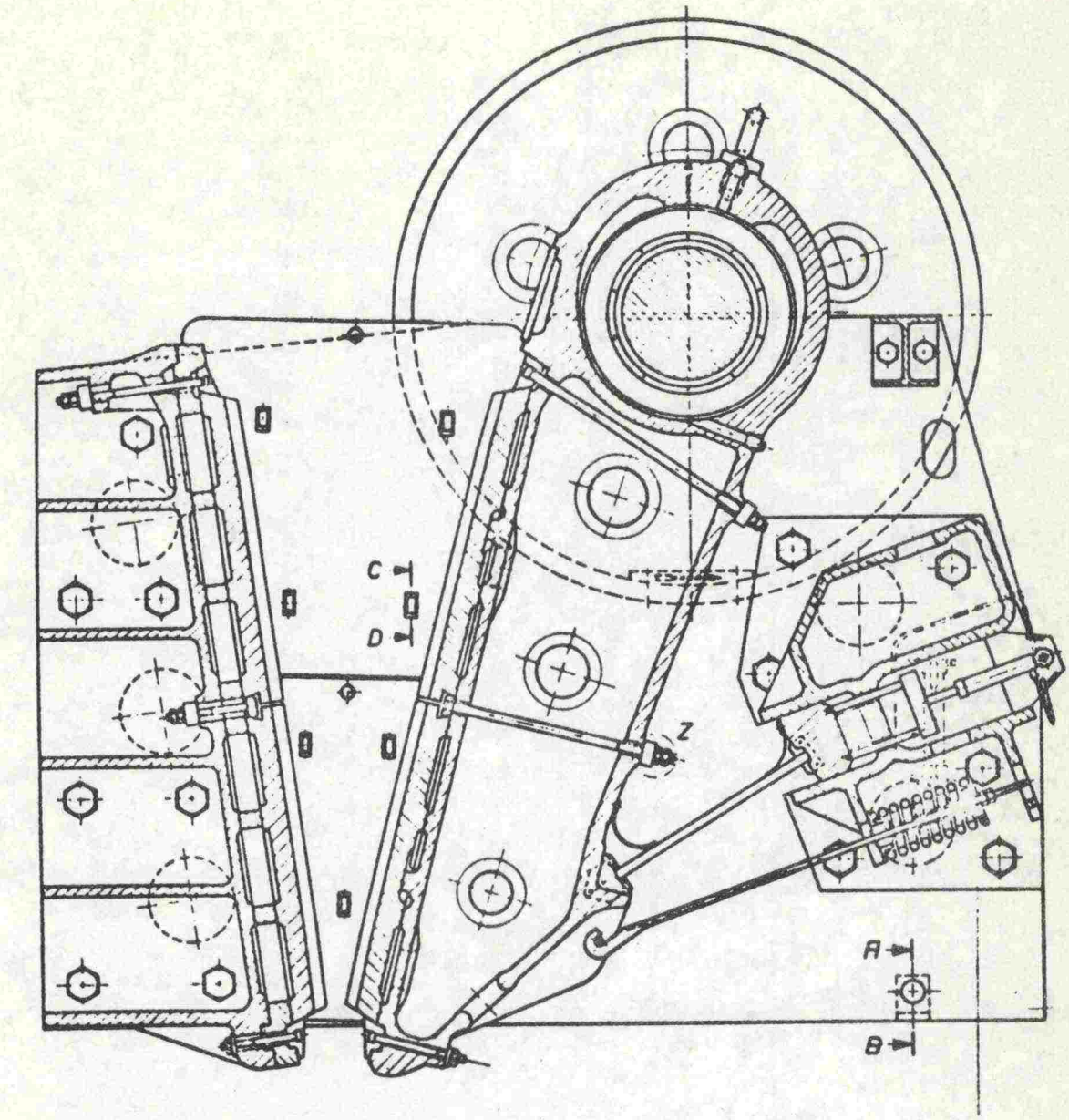
KUVA 7.

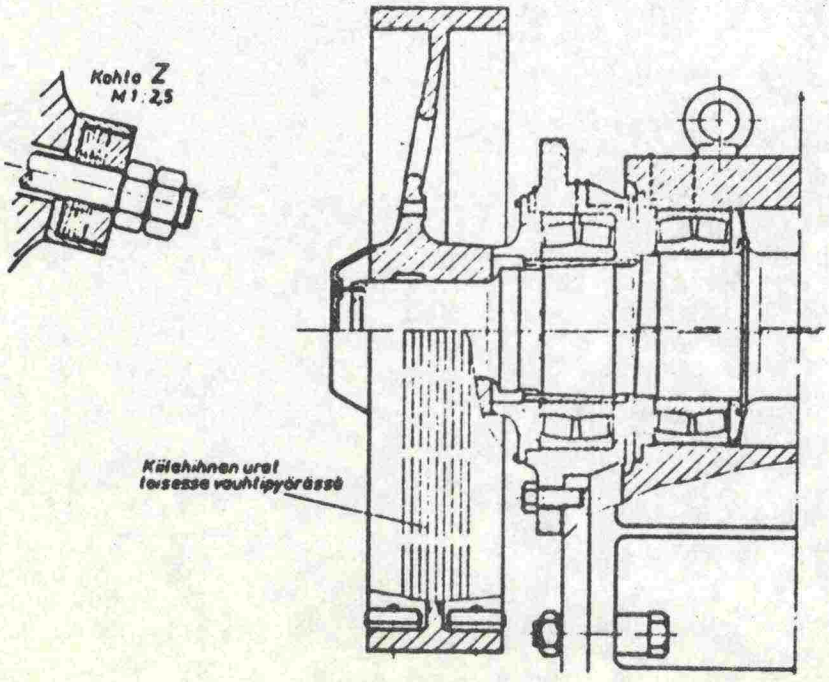


$A_1 > A_2$ PUTOAMISPINTA-ALAT

$\therefore s_1 < s_2$ TIKEYDET.

KUVA 8.


C
D
Z
A
B


Kohta Z
M 1:2,5
Kälehihnan urat
laisessa vauhtipyörässä

KUVA 9.

P. Valkama

JÄLKI- ELI HIENOMURSKAIMET

sivu

P. Valkama

JÄLKI- ELI HIENOMURSKAIMET

Kivimurskauslaitoksen murskaimista käytetään usein niiden käyttötavan mukaista ryhmittelyä: esi-, väli- ja hieno- eli jälkimurskaimet. Tarkastelemme tässä jälkimurskaimia.

Nykyisin on markkinoilla oheisen kuvaliitteen mukaisia jälkimurskaimia. Kuvat 1 ja 2 karamurskain, kuva 3 kartiomurskain, kuva 4 rumpumurskain, kuva 5 iskupalkkimurskain, kuva 6 vasaramurskain, kuva 7 valssimurskain ja kuva 8 jauhinmylly. Joskus käytetään myös kierto-(leuka-)murskaimia jälkimurskaimina.

Nimitystä karamurskain (spindelkross) käytämme (Lokomossa) murskaimesta, jossa on kara-akseli laakeroitu runkoon (ja epäkeskoakseliin) sisemmän manttelin yläpuolelta ja alapuolelta. Kartiomurskaimessa (konkross) on taas kaikki kara-akselin laakerit sisemmän manttelin alapuolella. Kaikissa maissa (kielissä) ei tällaista jakoa tehdä, vaan molemmat ovat kartiomurskaimia.

Ensimmäinen karamurskain on rakennettu v. 1881 (P. Gates) ja ensimmäinen kartiomurskain v. 1910 (Velj. Symons).

Suomessa on käytössä pääasiassa kara- ja kartiomurskaimia "tänäpäivänä" sekä kaivoksissa myllyjä. Kokonaiskustannukset ovat ilmeisesti tämän vaikuttaneet. Muualla maailmassa on käytössä muita tyyppejä enemmän (pehmeämpi kivilaji).

Toimintaperiaate

Kara- ja kartiomurskaimissa on kiinteä, runkoon kiinnitetty rengasmainen ulompi murskausmantteli. Sen sisäpinta, joka on murskauskidan ulompi sivu, on usein kartion muotoinen. Sisempi murskausmantteli on katkaistun kartion muotoinen. Sitä liikutetaan ulomman murskausmanttelin

sisässä (murskausisku). Sisempi murskausmantteli on tukikappaleiden välityksellä kiinnitetty kara-akseliin. Kara-akselin alapää on laakeroitu epäkeskoakselin epäkeskeiseen reikään. Kun epäkeskoakselia pyöritetään, niin kara-akselin alapää seuraa epäkeskeistä reikää ja samalla se liikuttaa siihen kiinnitettyä sisempää murskausmanttelia. Näin saadaan murskausliike, jossa murskauskidan pienin rako (myös suurin rako) kiertää epäkeskoakselin määräämässä kohdassa ulomman murskausterän sisäkehää pitkin. Kara-akselin ja epäkeskoakselin välissä on laakeri; siksi se ei pyöri epäkeskoakselin kierrosnopeudella. Tyhjäkäynnissä kara-akseli - sisempi murskausmantteli -yhdistelmä pyörii hitaasti epäkeskoakselin pyörimissuuntaan (laakerin kitka vetää sitä epäkeskoakselin mukana). Murskattaessa sisemmän murskausmanttelin pyörimissuunta on päinvastainen.(Sen kehä on lyhyempi kuin ulomman. Murskattaessa paine on pienemmän raon kohdalla suurin ja voimme ajatella, että sisempi murskausterä ei "luista" sivusuunnassa tällä kohtaa. Yhden epäkeskoakselin kierroksen aikana jää sisempi murskausmantteli "jälkeen" kehien pituuseron verran.)

Asetus

Se pienin rako, joka on iskuliikkeen aikana murskausmantteleiden välillä, on murskaimen asetus. Eräät koneiden valmistajat sanovat joskus suuremman raon mittaa asetukseksi.

Rakenne

Karamurskaimissa on kara-akseli laakeroitu ylä- ja alapäästänsä ja käyttövoima tuodaan (yleensä kiilahihnoilla) joko kuvien 1 ja 2 mukaisesti tai koneen alla olevaan vaakasuoraan kiilahihnapyörään.

Asetuksen säätölaitteet ovat joko kara-akselin yläpäässä (kuva 1) tai alapäässä (kuva 2). Nykyisin säätölaite on yleensä hydraulinen sylinteri. Murskausvoima aiheuttaa sisempään murskausmanteliin alaspäin vaikuttavan voiman ja hydraulijärjestelmään paineen. Hydraulijärjes-

telmään voidaan tehdä ylikuormitussuoja. Paineen noustua liikaa lasketaan öljyä järjestelmästä pois ja murskauskidan asetus (rako) suurenee - murskausvoima pienenee. Kun hydraulipaine jälleen tulee normaaliarvoonsa, niin sama öljymäärä palautetaan murskaimen säätösylinteriin ja setus palautuu entiseksi.

Kartomurskaimissa ei ole pääakselin yläpäässä tukilaakeria, vaan koko laakerointi on tehty sisemmän murskausterän alapuolelle. Voimansiirto kuten edellä. Ylikuormitussuojana on yleensä yläkannen jousitus. Yläkansi nousee ylöspäin ylikuormitustilanteessa. Asetuksen säätö on yläkannen korkeusaseman säätö (yleensä kierresäätö).

Laakerit

Käytössä on sekä liukulaakeri- että vierintälaakerirakenteita.

Rakenneaine

Suomessa murskaimia käytettäessä pitää rungon kestää väsyttävä kuormitus usein pakkasessakin. Käsitykseni on, että runkoaineen pitää olla terästä, jolla iskusitkeyden käännepistelämpötila on alle -25°C. Näitä teräksiä on valurautateräksinä ja rakenne(valssaus)teräksinä.

Rakenteen jaettavuus

Huoltosyistä (murskausmanttelin vaihto) ja joskus kuljetussyistä runko muodostuu eri osista, jotka liitetään toisiinsa pulttiliitoksilla.

Voitelu

Yleensä voitelulaite on oma erillinen yksikkö, joka sisältää voiteluaineen syöttölaitteet ja häiriön ilmaisimet. Voiteluaineena on useimmiten öljy.

Tuotantokyky

Tuotantokyky on annettu murskainten valmistajien esitteissä. Yleensä ilmoitetaan se määrä, joka kulkee murs-

kaimen läpi (bruttotuotto). Valmiiden lajitteiden määrä on laskettavissa, jos tunnetaan myös ns. raejakautuma-käyrä.

Kara- ja kartiomurskainten tuotantokykyyn vaikuttaa murskaimen koko, murskaimen asetus, kierrosluku (murskausiskuluku), murskauskidan muotoilu, murskausiskun pituus ja murskattava materiaali sekä syötettävä kivikoko.

Vaikka eri murskainten sovitus on tehtävä annettujen tuotanto- ja raejakautuma-arvojen mukaan, niin voidaan karkea arvio tehdä seuraavasti:

Ajatellaan, että murskattava materiaali kulkee nopeudella, joka hidastuu noin 20 - 25 % murskausvaihetta kohti. Silloin eri murskainten purkausaukkojen (kidan alareunan raon pinta-ala) pitäisi olla vastaavasti 20 - 25 % suuremmat siirryttäessä murskausvaiheesta toiseen, mutta pois seulottavat määrät ja sivusyötöt on huomattava.

Esim. murskain I poistoaukko 1200 x 100 mm^2. Siitä seulotaan pois 20 %. Seuraava murskain (karamurskain Ø 1000)

$$\text{asetus} \quad \frac{1{,}3 \times 0{,}8 \times 1200 \times 100}{3{,}14 \times 1000} = 40 \text{ mm}$$

Jotta ei synny ruuhkaa on asetuksen oltava yli 40 mm.

Raejakautuma

Murskainten valmistajat antavat yleensä kullekin murskaimellensa ohjearvoja raejakautumisesta. Raejakautuma on suuresti riippuvainen kiviaineksesta. Yleensä kara- ja kartiomurskaimilla saadaan 55 - 70 % asetusta pienempää raekokoa.

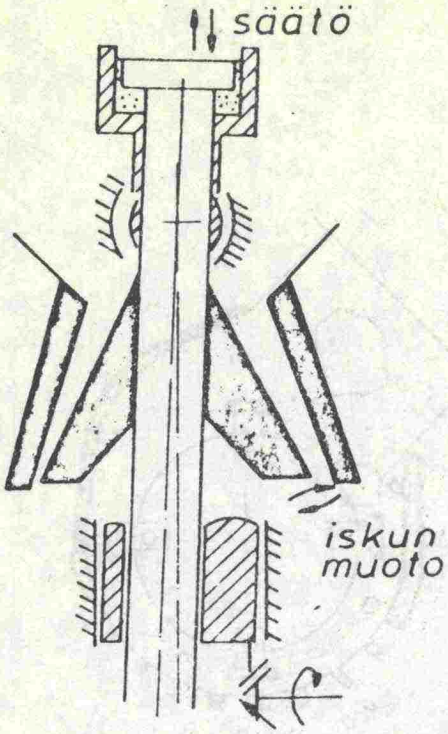
Murskaussuhde on koneeseen syötettävän materiaalin maksimirakeen suhde saatavan tuotteen maksimirakeeseen. Tämä suhdeluku voi kara-murskaimilla olla 5 - 10, yleensä se on käytännössä 4 - 7.

Koska jälkimurskainten syöttösuppilossa tapahtuu kivien valuminen vapaasti, on "holvausmahdollisuus" todennäköistä, jos syöttömateriaali on kidan yläaukon suuruista. Esim. esimurkaimeen, jossa syöttöaukko on 1200 x 900 mm, voidaan syöttää kiviä 1000 x 800 x 1500 mm, koska se ohjataan kitaan. Jälkimurskaimissa ei vastaavaa "ohjaus" laitetta ole.

Murskainten valinta

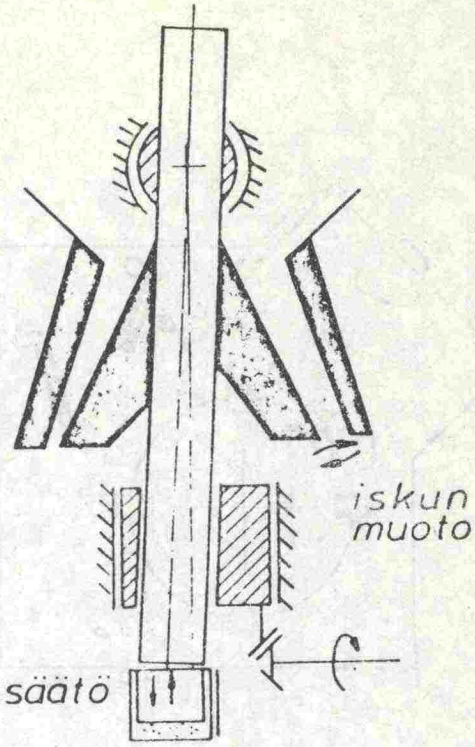
Laitoksella pitää saada haluttu tuottomäärä laatuvaatimukset täyttävää sepeliä. Lisäksi eri koneet on saatava tahdistettua joko suoraan tai välivarastojen avulla. Jos murskain voidaan valita eri iskuliikkeellä, voitaisiin valita suurin iskuliike, jolla saadaan riittävän pieni asetus ko. työhön. Kuitenkin raejakautuma- ja muotoarvovaatimukset pystytään paremmin täyttämään, jos jälkimurskaimissa on mahdollisuus käyttää pienempää asetusta (pitää olla pelivaraa).

Jälkimurskainten tekemä tuote on tasalaatuisempaa ja raemuodoltaan parempaa silloin, kun syöttö on tasainen ja riittävän iso.



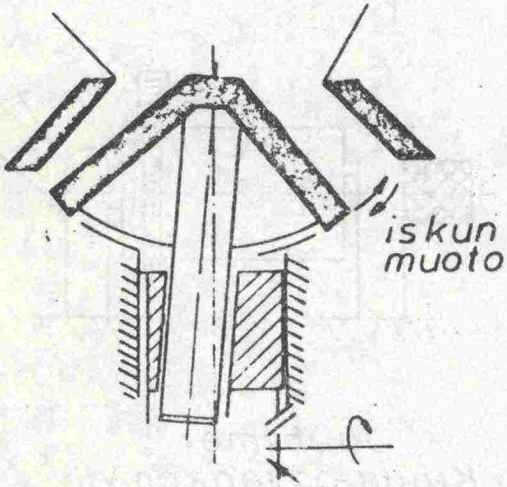
Karamurskain
säätö yläpäässä

Kuva 1



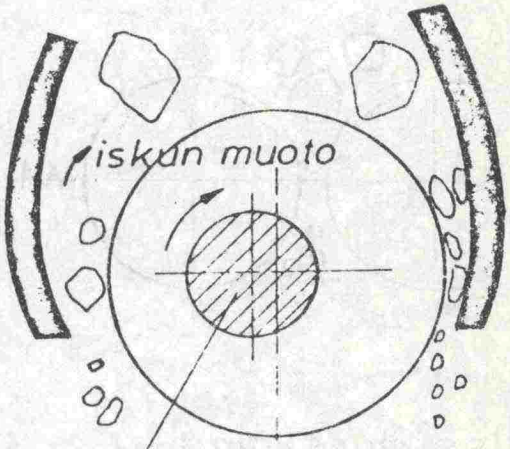
Karamurskain
säätö alapäässä

Kuva 2



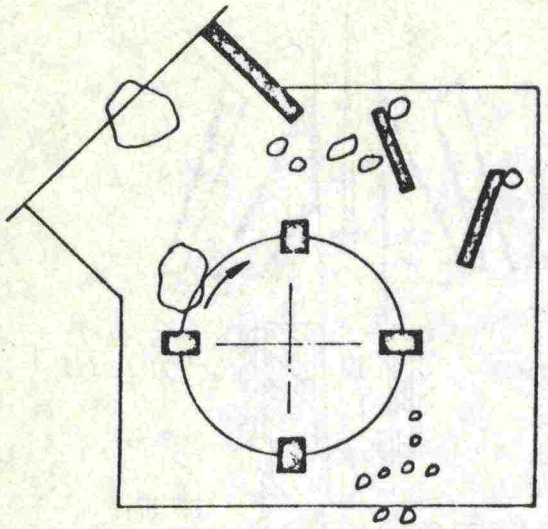
Kartiomurskain

Kuva 3



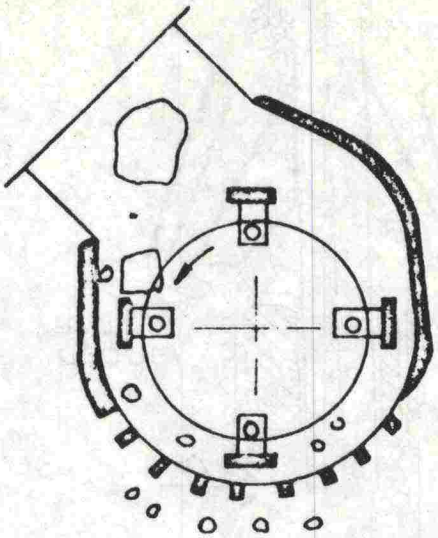
Roottori- eli rumpumurskain

Kuva 4



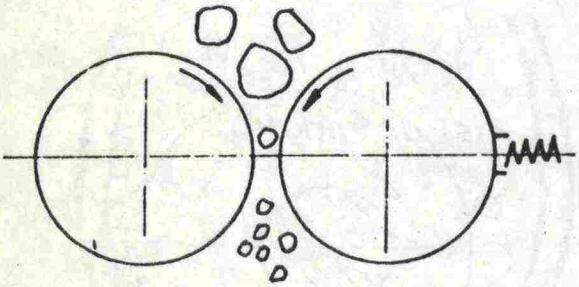
Iskumurskain

Kuva 5



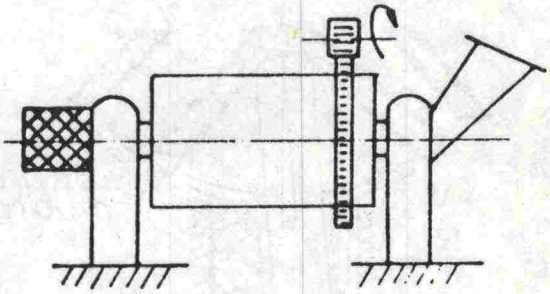
Vasaramurskain

Kuva 6



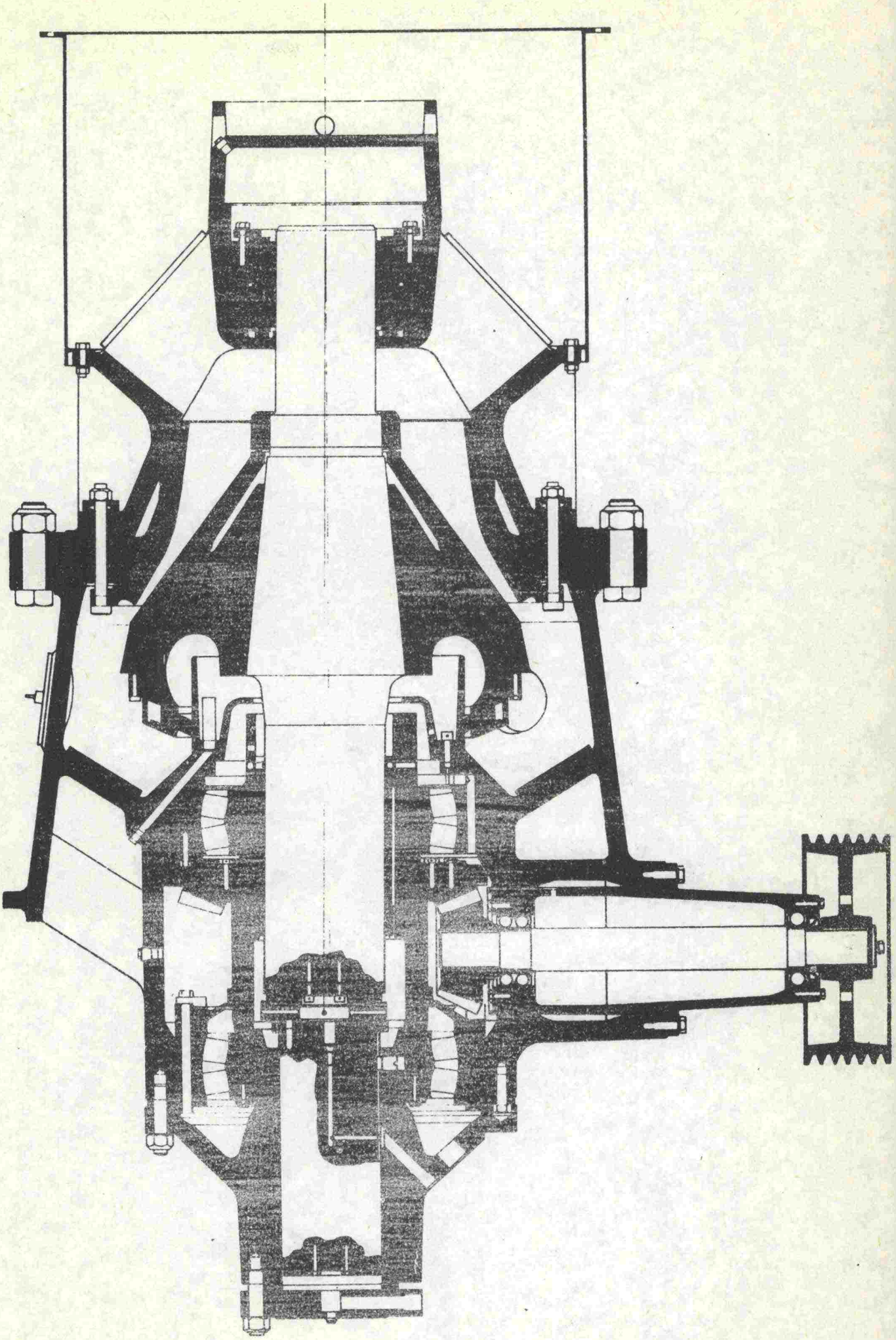
Valssimurskain

Kuva 7



Jauhimet
Kuula- ja tankomyllyt

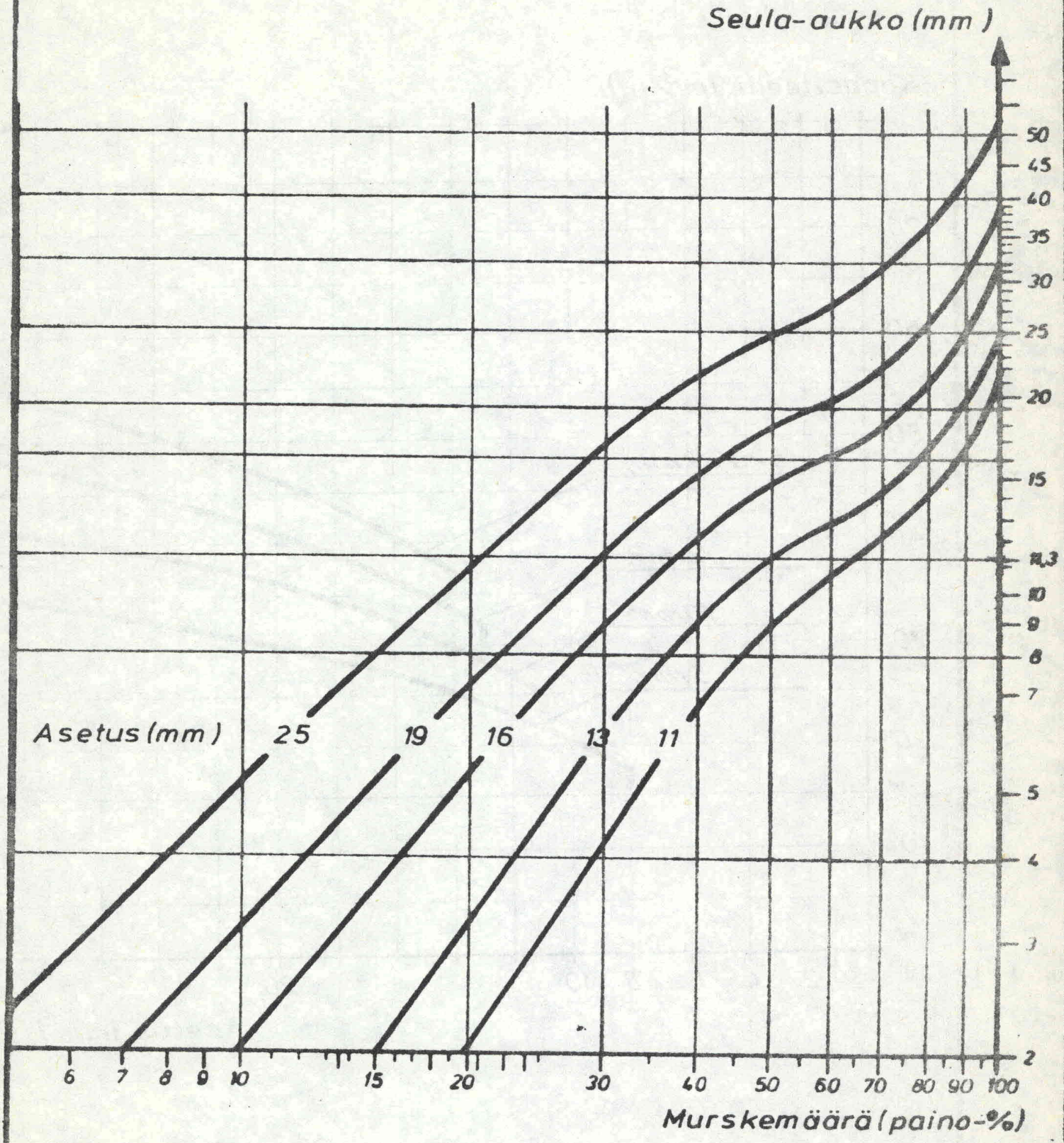
Kuva 8



Gyratory crusher Lokomo G128

Karamurskain G 128,
Jakautumakäyrästö

487331



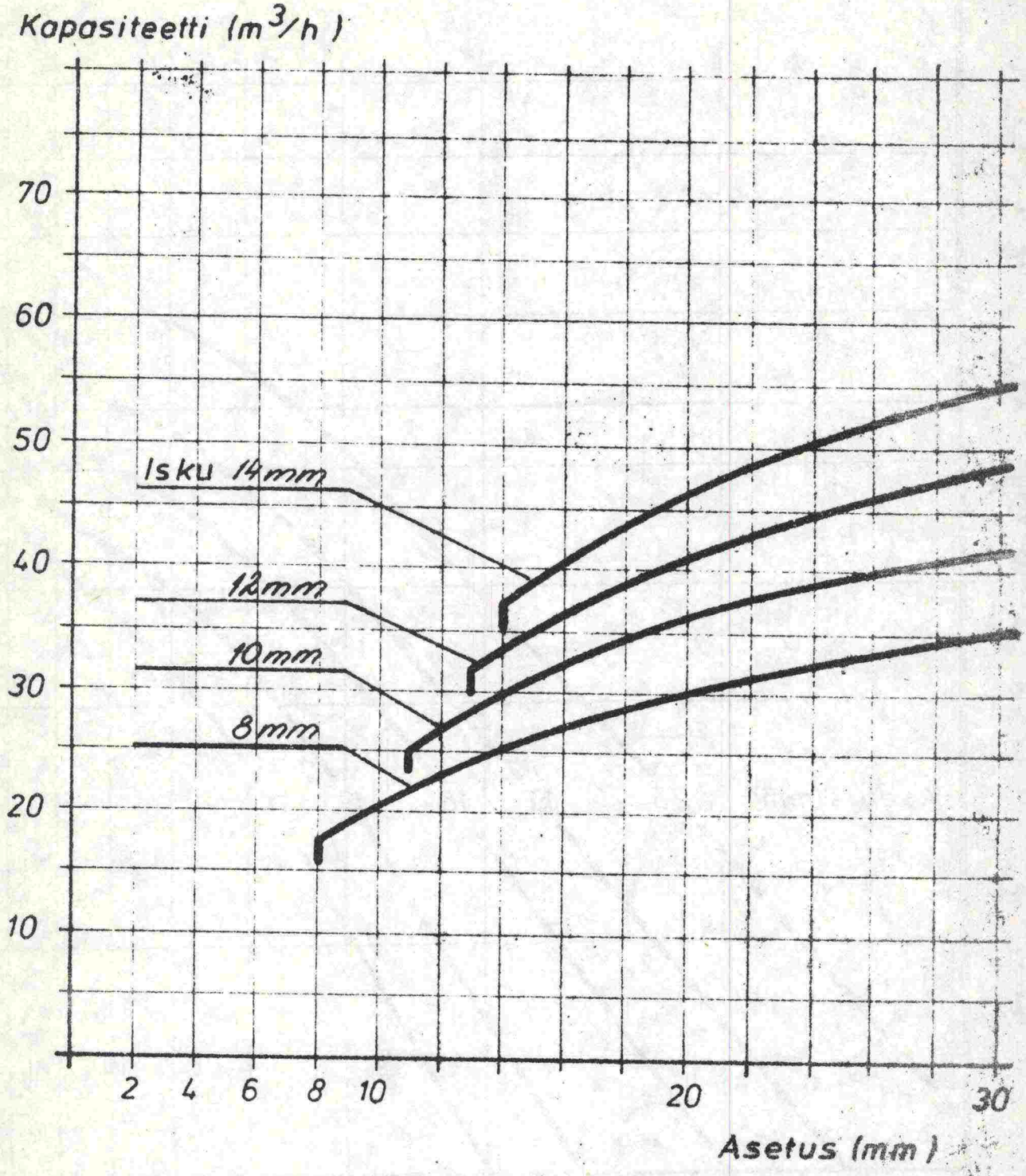
Jutkaretu

MT 740509

487331

Karamurskain G 128
Kapasiteettikäyrät (ohjeellinen)

487259



V. Linnola

MURSKAINTEN JA MURSKAAMON VALINTA

sivu

V. Linnola

MURSKAINTEN JA MURSKAAMON VALINTA

1 Murskauslaitoksen valintaan vaikuttavat tekijät

Murskainten ja murskaamon valinta murskaustehtäviin on riippuvainen monista tekijöistä, joista mainittakoon seuraavat:

- murskattava materiaali
- valmiin tuotteen vaatimukset
- murskauskapasiteetti
- murskattava määrä
- paikalliset olosuhteet

1.1 Murskattava materiaali

Murskattavan materiaalin puolelta vaikuttavat murskainten valintaan lähinnä materiaalin laatu ts. sen murskautuvuusominaisuudet ja materiaalin maksimikappalekoko sekä jakautuma.

1.1.1 Materiaalin laatu ja murskautuvaisuus

Murskattava materiaali on meillä joko sorakuopan kiviainesta tai kalliosta louhittua kiveä tai malmia. Erään laskelman mukaan (Sederholm) Suomen kivilajien jakautuma on seuraavanlainen ryhmiteltynä puristuslujuuden mukaan:

alle 2000 kp/cm^2	kiilleliuskeita ja kiillegneissiä	9,1 %
1400 - 2600 "	gneissejä	21,8 %
n. 2000 "	granuliitteja	4,0 %
1500 - 3000 "	kvartsiitteja ja hiekkakiviä	4,3 %
2400 - 3500 "	gabbroja, diabaaseja ja amfiboliitteja	8,2 %
1200 - 2500 "	graniitteja ja dioriitteja	52,5 %

Geologisesti jaoteltuna maamme kuori sisältää n. 55 % <u>syväkivilajeja</u> (graniitit, dioriitit, gabbrot, peridotiitit ja diabaasit), jotka ovat syntyneet magman jähmettyessä hitaasti maan kuoressa.

Toinen suuri ryhmä on kiteiset liuskeet eli metamorfiset kivilajit, jotka ovat syntyneet maankuoren liikuntojen aiheuttamien puristavien voimien vaikutuksena. Tähän ryhmään kuuluvat mm. graniitista syntyneet gneissit, kiilleliuskeet, kvartsiitti, amfiboliitit, granuliitti ja kalkkikivi, jotka muodostavat n. 40 % maamme kallioperästä. Loput 5 % ovat sedimentti- ja vulkaanisia kivilajeja (hiekkakivet, dasiitit ja basaltit). Lujin kiviaineemme on diabaasi, jonka puristuslujuus on yleensä yli 3000 kp/cm^2.

Kivilajien murskautuvuusominaisuuksia on pyritty määrittelemään erilaisin laboratoriokokein, joista mainittakoon puristuslujuuden määrittely kuutioilla (kuution särmä esim. 1") tai lieriöillä (poraussydän Ø 62 mm ja pituus 2,5 x halk.) ja iskulujuuden määrittely kahdella 30 lbs:n heilurivasaralla (Allis-Chalmers). Vasarat toimivat tällöin vastaiskuperiaatteella, murskaten 2-3":n koekappaleet, joita on 10 tai useampia. Vasaran pudotuskorkeus kappaleiden murtuessa x vasaran paino jaettuna koekappaleen paksuudella ilmoittaa materiaalin iskulujuuden, joka kokeiden mukaan on parempi kriteerio todelliselle käytännön murskautuvuudelle kuin puristuslujuus. Iskulujuudet (keskiarvot) vaihtelevat yleensä alueella: 4 - 30 ft lbs/in. Laboratoriokokeiden tuloksia voidaan käyttää lähinnä vertailtaessa eri materiaaleja toisiinsa ja arvioitaessa esim. murskainten sopivaisuutta murskaustehtävään. Jos haluamme määritellä murskauksissa tarvittavan energiantarpeen tai materiaalin vaikutuksen murskaimen kapasiteettiin, on suoritettava murskauskokeita todellisissa olosuhteissa. Materiaalin murskautuvaisuusominaisuudet ovat riippuvaisia myös materiaalin esikäsittelytilasta, ulkoilman lämpötilasta ja kosteudesta. On myös huomattava, että kiviaines murskautuu puristavassakin murskaustavassa vetojännityksen vaikutuksesta, sillä kiviaineksen vetolujuus on 1/20 - 1/40 osaa ja taivutuslujuus 1/6 - 1/10 osaa puristuslujuudesta. Näin ollen myös murskaimen ominaisuudet vaikuttavat tulokseen (esim. murskausaste).

Kokeellisia tutkimuksia murskauksen energian tarpeesta on suorittanut mm. amerikkalainen F.C. Bond, joka johti ns. 3. murskauslain nettoenergiantarpeen laskemiseksi v. 1951. Bondin yhtälön mukaan nettoenergiantarve voidaan laskea seuraavasti:

$$W = 10 \cdot Wi \left(\frac{1}{\sqrt{P}} - \frac{1}{\sqrt{F}}\right), \text{ jossa}$$

W = nettoenergiantarve (kWh/sh.ton)

Wi = työindeksi (kWh/sh.ton) = energian tarve murskattaessa äärettömän suuri kappale raekokoon 100 µ (80 % läpäisy).

F = murskattava kpl-koko (µ) (80 % läpäisy vastaavasta seulasta)

P = murskattu tuote (µ) (- " -)

Bondin yhtälö antaa oikeita tuloksia tuotteen raealueella 1 - 100 mm, edellyttäen, että materiaali on ehjää, kuten esim. luonnonkiviaineksella. Louhitulla materiaalilla on käytettävä räjäytyskerrointa 0,5 - 0,75 riippuen materiaalista ja käytetystä louhintamenetelmästä.

Materiaalin vaikutusta murskainten kapasiteetteihin ovat sivunneet tutkimuksissaan useat henkilöt (Zoerb, Gauldie, Shepard ja Giesking). Systemaattisen vertailutaulukon kiviainesten sitkeydestä ja sen vaikutuksesta kapasiteettiin laati H.A. Mölling koetulosten pohjalta. Taulukon vertailumateriaalina on käytetty kalkkikiveä, jonka perusarvo ja kapasiteettikerroin p = 1,0.

Seuraavaan taulukkoon 1 on koottu eri lähteistä saatuja, eräiden tavallisimpien materiaalien murskautuvuusominaisuuksia.

Kosteuden vaikutusta kiviainesten lujuusominaisuuksiin ja murskautuvuusominaisuuksiin kuvaa oheinen taulukko 2, joka perustuu TVL:n keskuslaboratoriossa suoritettuihin mittauksiin.

Taulukko 1 Materiaalien murskautuvuus.

Materiaali	Om.paino (t/m^3)	Puristus-lujuus (kp/cm^2)	Isku-lujuus (ka) ft lbs/in.	Bondin työindeksi Wi (kWh/Sh ton	Kapasi-teetti-kerroin (p)	Huom.
Pegmatiitti	2,63	1000-2100			0,90	
Rapakivi	2,67	1200-1500			0,90	
Graniitti	2,68	1200-2000	4,7 - 20	16,06	0,81	
Dioriitti	2,78	1800-2500		20,90	0,80	
Gabbro	2,83	2000-3000	20	18,45	0,76	
Peridoliitti	2,65	> 3000			0,87	
Diabaasi	2,81	> 3000			0,70	
Kiillegneissi	2,75	1400-1700			0,90	
Gneissigraniitti	2,70	1500→1900		20,13	0,88	
Granuliitti		n. 2000				
Gneissi	2,71	1800-3000	16,0-26	20,13	0,88	
Kvartsiitti	2,71	1500-3000		12,18	0,80	
Amfiboliitti	2,88	1800-3000	20		0,70	
Kalkkikivi	2,68	700-2000	3,5-18	12,54	1,0	
Fylliitti	2,75				0,80	
Leptiitti	2,65				0,80	
Basaltti	2,89	1100-5000		20,41	0,78	
Kuparimalmi	3,02	1000-3000	6,4-23	13,13		
Nikkelimalmi	3,32	2400	21-25	11,88		
Rautamalmi (ka.)	3,96			15,44		
- hematiitti	2,9-4,9	2000-4400	5,70-31	12,68		
- magnetiitti	3,5-5,1	1000-3600	5,63-25	10,21		
- takoniitti	3,0-3,8	2000-4200	15-30	14,87		
- ilmeniitti	4,7	1800-2100				
Sinkkimalmi	3,68			12,42		

Taulukon arvojen mukaan näyttää murskattavan materiaalin laatu vaikuttavan murskainten kapasiteetteihin 10 - 30 %.

Taulukko 2 Kosteuden vaikutus.

Materiaali	Puristuslujuus: kuiva	Puristuslujuus: märkä	Vetolujuus: kuiva	Vetolujuus: märkä
	kp/cm^2		kp/cm^2	
Pegmatiitti, Seutula	2080	795	194	54
Graniitti, Kimola	1600	595	176	64
Sarviv. gneissi, Orivesi	2360	1170	224	107
Kiilleliuske, Mäntyharju	2270	610	194	137
Diabaasi, Seutula	2980	2100	127	185

1.1.2 Jakautuma ja kappalekoko

Murskattavan materiaalin jakautumakäyrä ja maksimikappalekoko ovat riippuvaisia kustakin tapauksesta. Kun on kysymys sorakuopan rinnesorasta, on maksimikappalekoko tavallisesti alueella 400 - 600 mm Ø, ja louheen ollessa kysymyksessä alueella 1000 - 2000 mm, riippuen materiaalista ja halutuista tavoitteista louhinnan suhteen. Oheinen käyrästö (liite 1) esittää esimerkkejä murskattavan materiaalin jakautumasta eri tapauksissa.

Murskauslaitoksen esimurskaimen kita-aukko valitaan tavallisesti 10 - 20 % suuremmaksi kuin murskattava materiaalikoko. Materiaalin kuormaukseen käytetyn kauhan koko pyritään valitsemaan tällöin myös riippuvaiseksi murskaimen koosta. Taulukko 3 esittää optimisuhteita louhekoon, lastauskauhan ja murskainkoon välillä.

Taulukko 3 Optimisuhde louhekoon, lastauskauhan ja murskainkoon välillä.

Louhe (in.)	(mm)	Kauhakoko (m^3)	Leukamurskaimen kita-aukko (mm x mm)	Karamurskaimen kidan syvyys (mm)
18	457	0,765	914 x 610	508
24	610	1,15	1070 x 813	762
30	762	1,53	1220 x 1020	914
36	914	1,91	1520 x 1220	1070
42	1070	2,68	1830 x 1420	1220
48	1220	3,44	2130 x 1630	1370

Murskaintyyppien valintaa ajatellen murskattavalla raaka-aineella on vaikutusta lähinnä vain silloin, kun tuotteen laadun tai muun syyn vuoksi haluttaisiin valita iskutai valssimurskaimia, jotka sopivat paremmin vähemmän kuluttavalle materiaalille. Tavallisimmin käytetyt leuka- ja karamurskaimet selviävät yleensä kaikista esiintyvistä materiaaleistamme, joskin leukakustannukset näilläkin ovat riippuvaisia materiaalin murskautuvuusominaisuuksista, ts. mitä vaikeammin murskautuvaa kiviaines on, sitä suuremmat ovat myös leukakustannukset.

1.2 Valmiin tuotteen vaatimukset

Murskauslaitoksilla valmistamme tuotteita, jotka palvelevat tienrakennusta, rautatierakennusta, rakennus- tai kaivosteollisuutta.

Laitoksen kokoonpanoon vaikuttavat tällöin:

- samanaikaisesti valmistettavien lajitteiden lukumäärä
- tuotteiden rakeisuus
- tuotteen laatuvaatimukset

Lajitteiden lukumäärä vaihtelee tavallisesti alueella 1 - 8 kpl, jolloin laitos tarvitsee vastaavasti 1 - 3 2-tasoista lajittelijaa. Esimerkkeinä näistä ääritapauksista voivat olla esim. LM 75 -laitos ja oheisen piir. 95662(liite 2) mukainen laitos.

Tuotteen rakeisuusalue määrää yhdessä raakamateriaalin kanssa laitoksen kokonaismurskaussuhteen ja siten myös murskausvaiheiden lukumäärän. Kun otamme huomioon eri murskaintyyppien käytännölliset murskaussuhteet, jotka on esitetty taulukossa 4, voimme todeta, että 2-vaiheisella murskauksella voidaan saavuttaa kokonaismurskaussuhde 25 - 36 leuka- ja karamurskainparilla ja iskumurskainta käytettäessä jonkun verran suurempi suhde. Vastaavasti 3-vaihemurskauksella päästään murskaussuhteeseen 125 - 216.

Taulukko 4 Murskaintyyppien maksimimurskaussuhteet.

Leukamurskaimet	5 ... 6
Kara- ja kartiomurskaimet	5 ... 6 (7)
Valssimurskaimet	3 ... 4
Iskumurskaimet	6 ... 8
Vasaramurskaimet (iskupalkkimurskaimet)	10 ... 20 (pehmeämpi kivi)

Tehtäessä esim. 1000 mm:n louheesta 0-6 mm asfalttilajitetta vaaditaan murskaussuhde 167. Tällöin selvitään 3-vaihemurskauksella. Luonnonkiviaineiden murskauksessa tarvitaan vain kaksi vaihetta, jos tuote on esim. 0-18 mm.

Karkeammat lajitteet 0 - 65 mm ja 0 - 150 mm voidaan tehdä yhdellä vaiheella.

TVL:n käyttämät tavallisimmat rakennus- ja kunnossapitotöissä käytettävät lajitteet ovat: 0 - 12 mm, 0 - 18 mm, 0 - 35 mm ja 0 - 65 .. 150 mm, ja niiden rakeisuuden ohjealueet on määritelty valvontaohjeessa TVH 2.810. Vastaavasti rautateiden raidesepelit ovat alueella: 12 - 55 mm, betonisoralajitteet alueella 0 - 64 mm ja kaivosteollisuuden käyttämät murskatut tuotteet alueella 0 - 22 mm.

Tuotteiden laatuvaatimukset on määritelty kunkin käyttöalan valvonta- tai luokitusohjeissa. Tällöin kiinnitetään huomio murskatun tuotteen:

- puhtauteen
- rakeisuuteen
- murtopintalukuun
- kiviaineksen lujuus- ja muoto-ominaisuuksiin.

TVL:n käyttämien murskaustuotteiden laatuvaatimukset on määritelty jo mainituissa valvontaohjeissa TVH 2.810. Näiden ohjeiden mukaan murskattu tuote ei saa sisältää epäpuhtauksia kuten savea, turvetta, ruokamultaa, eivätkä tuotteet saa käsittelyssä sekaantua keskenään. Öljysoran ja bitumisoran, jotka sekoitetaan kylmänä, tulee humuspitoisuudeltaan täyttää vähintään betonisoran puhtausluokan III vaatimukset.

Murskattavan kiviaineksen tulee olla tasalaatuista ja lujaa. Rapautunutta kivilajia ei saa käyttää.

Valmiin murskaustuotteen tulee täyttää seuraavat lajitteisiin jakoa koskevat vaatimukset:

- Lajitteen raekoon ylärajaa karkeampaa ainesta ei saa olla 5 painoprosenttia enempää. Koko lajitteen on läpäistävä seula, jonka läpäisyaukon sivun pituus on 20 % ylärajaa pitempi.
- Lajitteen raekoon alarajaa hienompaa ainesta ei lajitteessa saa olla 15 painoprosenttia enempää. Alarajaa pienemmistä rakeista saa enintään 5 painoprosenttia

laskettuna koko lajitteesta läpäistä seulan, jonka läpäisyaukon sivun pituus on puolet alarajasta. Pesuseulonnalla määriteltynä saa lajite sisältää 0,074 mm:n seulan läpäisevää ainesta korkeintaan kaksi painoprosenttia. Viimeksi mainittu ei koske lajitteita, joiden alaraja on nolla.

- Rakeisuuden on täytettävä oheisten taulukkojen II ja III mukaiset ohjealuevaatimukset.

Edellä mainitut ylä- ja alarajavaatimukset edellyttävät oikeiden seulojen ja silmäkokojen käyttöä. (Vrt. lajittimien käytön ohjearvot, liitteessä 3). Silmäsuuruudet on määriteltävä lopullisesti tietenkin koeseulontojen avulla; yleensä ne valitaan 1 - 2 mm suuremmaksi lajittelurajaa.

Murskatun tuotteen murtopinta-alasta on määrätty TVH:n valvontaohjeissa, että 6 mm suuremmista rakeista saa enintään 30 painoprosenttia olla täysin murskautumattomia rakeita, ja täysin murskautuneiden määrän tulee olla vähintään 30 painoprosenttia. (Ei koske kuitenkaan kantavaan kerrokseen käytettävää murskesoraa).

Kiviaineksen lujuus- ja muotovaatimukset on esitetty TVH:n valvontaohjeissa seuraavasti:

Taulukko 5 Kiviaineksen lujuus- ja muotovaatimukset.

Kiviainesluokka	Los-Angeles-luku	Hauraus-arvo	Muotoarvo c/a Sauvaisuus	Muotoarvo b/a Liuskeisuus
I	< 25	(< 55)	< 2,5	< 1,5
II	< 30	(< 65)	< 2,7	< 1,6
III	< 35	(< 75)	< 2,9	< 1,7

Sirotteeksi käytettävän kiviaineksen on täytettävä taulukossa I laatuluokan vaatimukset, asfalttibetoneihin käytettävän kiviaineksen luokan II, ja öljy- ja bitumiliuossoraan ja kantavan kerroksen soraan käytettävän kiviaineksen luokan III vaatimukset.

Taulukon 5 arvot noudattelevat pohjoismaista käytäntöä. Myös useimmissa muissa maissa määritellään tuotteen hyvyys ts. kuutiomaisuus rakeen suurimman ja pienimmän mitan suhteen avulla. Saksalainen DIN 52114 määrittelee, että rae on kuutiomainen, jos em. suhde on < 3. Parhaimman saksalaisen tienrakennussepelin (Edelsplitt) vaatimus on, että rakeista vähintään 80 % tulee olla kuutiomaista, mikä edellyttää yleensä kolmivaiheista murskausta sitä valmistettaessa.

Murskatun tuotteen Los-Angeles-luku ja haurausarvo ovat puhtaasti materiaaliteknillisiä arvoja, kun sen sijaan muotoarvoon vaikuttavat monet tekijät. Niitä ovat seuraavat:

- materiaalin laatu
- murskainkoneen laatu
- " käyttötapa
- laitoksen kokoonpano.

Kokemuksesta tiedämme, että kiviaineksen laatu vaikuttaa suuresti muotoarvoihin. Lujat ja sitkeät sekä rakenteeltaan voimakkaasti suuntautuneet kivilajit antavat huonomman laadun kuin vähemmän lujat. Myöskin materiaalin kosteudella on vaikutuksensa tuotteen raemuotoon kuten sen lujuusarvoihinkin.

Murskauskoneen laatu vaikuttaa tuotteen raemuotoon kullekin tyypille ominaisen murskaustapansa vaikutuksesta. Seuraavassa murskaintyyppien murskaustapojen periaatteelliset erot:

- Blake-murskain: puristava murskaus, keskinopea kierrosluku
- Kiertomurskain: puristava ja jonkun verran leikkaava murskaus, keskinopea kierrosluku
- Kara- ja kartiomurskain: puristava murskaus, keskinopea kierrosluku
- Valssimurskain:puristava murskaus, alhainen kierrosluku
- Isku- ja vasaramurskain: iskevä liike-energiaan perustuva murskaus, korkea kierrosluku.

Kolme ensiksi mainittua murskaintyyppiä ovat toimintatavoiltaan melko samanlaisia ja antavat lähes samanlaiset kuutiomaisuudet tuotteelle. Tämä edellytettynä, että niiden kierrosluvut ja vastaavasti iskunpituudet ovat samanlaiset, sillä tuotteen kuutiomaisuus paranee kidassa tapahtuvien murskauskertojen lukumäärän kasvaessa. Kara- ja kartiomurskainten murskaustilan kaarevat muodot eri leikkauksissa aiheuttavat jonkun verran materiaalirakeiden taivutusta, edellyttäen, että syöttötapa on "tukahduttava" ts. kita on täynnä ja rakeet murskautuvat toisiaan vastaan. Tästä syystä tuotteen kuutiomaisuus on parempi kuin leukamurskaimilla ainakin pienemmillä kartiohalkaisijoilla (500 - 850 mm Ø). Murskausleukojen muotoilulla voidaan vaikuttaa myös murskauskertojen lukumäärää kasvattavasti, mistä on seurauksena kuutiomaisuuden paraneminen. Myös leukamurskainten tiheällä hammasluvulla on kokemuksen mukaan laatua parantava vaikutus; toisaalta taas leukojen kulumisen aiheuttama muodon muuttuminen voi huonontaa laatua.

Valssimurskaimen tuote on liuskeisuuteen taipuvaisella materiaalilla huonoa johtuen sen edellä mainituista toimintatavoista. Valssimurskainta käytetäänkin usein silloin, kun halutaan suurta liuskemaisuutta tuotteessa, esim. hiomaaineteollisuuden tarpeita varten. Paras kuutiomaisuus saavutetaan isku- ja vasaramurskaimilla. Kun kara- ja kartiomurskaimilla voidaan erikoishienomurskausleuoilla saavuttaa 80 - 85 %:n kuutiomaisuus (normaalileuoilla ja 2-vaihemurskauksella saadaan yleensä 60 %:nen), voidaan iskumurskauksella saavuttaa aina 90 %:nkin kuutiomaisuuksia.

Paitsi kuutiomaisuuteen vaikuttavat murskaintyyppien ominaisuudet myös tuotteen rakeisuuskäyrään, kuten (kuva 1, liitteessä 4) käyrät osoittavat, murskattaessa samaa materiaalia eri koneilla. Hienompien rakeiden ja keskirakeiden osuus kasvaa iskuluvun kasvaessa (käyrä oikenee).

Murskainkoneen käyttötavalla voidaan vaikuttaa tuotteen kuutiomaisuutta parantavasti seuraavilla tavoilla:

- käyttämällä tukehduttavaa syöttöä
- pientä murskausastetta/vaihe
- sopivasti valittua asetusta (automaattisäätö)
- pientä iskuliikettä ja korkeaa kierroslukua, jos näitä voidaan varioida (kapasiteetin kustannuksella)

"Tukehduttavasta" syötöstä ja sen myönteisistä ominaisuuksista oli puhe jo aikaisemmin. Tämä syöttötapa lisää tietenkin myös kapasiteettia.

Kokemus osoittaa, että käyttämällä pientä murskaussuhdetta ja useampivaiheista murskausta tuotteen laatua voidaan parantaa. Useampivaiheinen murskaus vaikuttaa tehokkaammin laatuun hienomurskausvaiheissa, mihin tähtää viimeisen vaiheen käyttäminen suljetussa piirissä. Kiertokuorman suuruus voi tällöin vaihdella tapauksesta riippuen 10 - 30 %, jolloin piiriä rasittava kertautuva määrä pysyy alle 50 %:n vielä 90 %:nkin seulontahyötysuhteilla.

Viimeisintä kehitystä edustaa jälkimurskainten ja suljettujen piirien käytössä automaattinen jälkimurskaimen ja asetuksen säätö. Murskaimen käyttömoottorista kuvan (liite 5) mukaisesti ohjauksensa saava säätöyksikkö pitää asetuksen automaattisesti ennalta valitussa asennossa, jolloin murskain toimii jatkuvasti suurimmalla sallitulla teholla ja pienimmällä mahdollisella asetusarvolla. Automaattisella käytöllä väitetään erään valmistajan ilmoituksen mukaan saavutettavan 100 %:n kapasiteetin lisäys, sillä automaattisäätö lisää moottorista otetun tehon määrää, nostaa murskausastetta, ja murskauskartioiden kuluminen on tasaisempi, jolloin kestoikä kasvaa. Eräiden kokeiden mukaan murskauskapasiteetti nousi 30 % murskattaessa tuotetta 80 % alle 18 mm. Murskatun tuotteen rakeisuus muuttui hienommaksi, niin että tuotteesta 80 % meni 13 mm:n seulasta läpi. Leukojen kestoikä kasvoi 170 % (Allis-Chalmers).

Asetuksen säätö vaihtelee yleensä automatiikan toimiessa 1 - 2 mm. Automaattisen säädön avulla tuotteen laatu paranee, koska kita on aina täynnä.

Murskauslaitoksen seulontavaiheiden järjestelyillä voidaan vaikuttaa myös tuotteen laatuun. Esimerkiksi kuvan 2 mukaisessa menetelmässä erotetaan valmiista tuotteesta pois pitkulaiset rakeet käyttämällä pitkulaissilmäisiä seulatasoja seulan loppupäässä ja johtamalla nämä huonommat rakeet takaisin jälkimurskaukseen (liite 4).

Toisaalta voidaan käyttää tuotteen laadun parantamiseksi jälkipäässä isku- tai vasaramurskaimia rinnakkaisina "kubiseeraajina", jolloin vain osa tuotteesta johdetaan näihin epätaloudellisempiin koneisiin. Lisäseulojen ja lisämurskainten käyttö jälkipäässä on mielekästä, koska jälkimurskatunkin tuotteen laatu on erilaista eri kohdissa rakeisuusaluetta, kuten oheisesta kuvasta voidaan huomata (kuva 3, liite 4)

1.3 Laitoksen murskauskapasiteetti

Kapasiteetin perustekijät

Murskauslaitoksen kapasiteetti on riippuvainen monista tekijöistä, joista mainittakoon mm:

- työmaan yleisjärjestely
- laitoksen peruskapasiteetti (m3itd/h)
- korjaus- ja huoltotoiminnan järjestely
- vuodenaika ja sääolosuhteet

Työmaan yleisjärjestely riippuu kustakin tapauksesta, mm. käyttöpaikasta ja sen sijainnista, syöttömateriaalin hankinnasta, kuormaustavasta, valmiin tuotteen kuljetuksista, varastoinnista jne. Laitoksen henkilökunta ja sen kouliintuminen tehtäväänsä vaikuttaa paljon saavutettuihin tuloksiin.

Laitoksen peruskapasiteetilla tarkoitetaan koko laitoksen hetkellistä maksimisuoritemäärää aikayksikössä (m3itd/h). Peruskapasiteetti on riippuvainen lähinnä peruskoneiden suuruudesta ja niiden keskinäisestä tahdistuksesta.

Korjaus- ja huoltotoiminnan tehokkaalla järjestelyllä voidaan laitoksen hukka-aikoja pienentää ja nostaa sen käyttökapasiteettia ja hyötysuhde paranee.

Vuodenaika ja sääolosuhteet vaikuttavat laitoksen käyttökapasiteettiin siten, että kapasiteetti laskee yleensä talvisaikana ja kovemmilla pakkasilla (vrt. esim. valtion maanrakennusalan standardi TVH 2603).

Peruskoneiden valinta ja tahdistus

Murskauslaitoksen peruskoneita ovat:
- murskaimet
- seulat
- syöttimet
- kuljettimet

Peruskoneiden lähempään esittelyyn ei tässä yhteydessä ole mahdollisuuksia, viittaan vaan kirjoitukseeni "Murskauslaitokset ja niiden valinta" (MK n:o 3 ja 5/1972, sivut 28 - 33).

Uudempaa kehitystä murskainalalla on tällä välin tapahtunut lähinnä vain Blake-murskainten kohdalla. Niiden murskausteknilliset ominaisuudet ovat eräissä malleissa parantuneet (iskuliike kidan yläosassa suurennettu), paino keventynyt ja käyttökustannukset pienentyneet käytettyjen vierintälaakereiden ja öljykylpyvoideltujen työnninlaatan laakereiden ansiosta. Asetuksen ja iskunpituuden säätö tapahtuu eräissä malleissa hydraulisesti. Käyttökokemukset näistä uusituista murskaimista ovat vielä melko vähäisiä, ja ovat käyttäjien mielestä sekä positiivisia että negatiivisia, johtuen murskaintyypin toimintatavoista: negatiivista iskuliikkeen pienuus edelleen kidan yläosassa ja positiivista leukojen kestoiän kasvaminen kiertomurskaimeen nähden. Näyttäisi tällä hetkellä Blake-murskainten edullisimman käyttöalueen olevan suurempien kokojen kohdalla (kita-aukko 1500 x 1200 mm suurempi).

Peruskoneiden suuruuden valinta ja niiden tahdistus toisiinsa nähden tapahtuu prosessilaskelmien avulla sen jälkeen kun periaatteelliset ratkaisut konetyyppien ja murskausvaiheiden osalta on suoritettu.

Murskausvaiheet pyritään valitsemaan yleensä tasakapasiteettiperiaatteen mukaisesti 2-vaiheisissa sorakuoppien

murskaamoissa. Louhosmurskaamoissa ja useampivaiheisissa laitoksissa on kuitenkin edullista valita esimurskausvaihe kapasiteetiltaan 25 - 50 % suuremmaksi ja käyttää välivarastointia esi- ja jälkivaiheiden välillä. Tämä sen vuoksi, että esimurskausvaiheen syöttö on yleensä epätasaisempaa mahdollisten ylisuurten kivien vuoksi. Lisäksi esiastetta voidaan käyttää esim. yhdessä vuorossa ja jälkivaihetta kahdessa, ja suorittaa toisen vaiheen aikana louhintaa, huoltoa tai rikkoammuntaa. Esimurskattua tuotetta voidaan usein myös markkinoida suoraan välivarastosta.

Murskausvaiheiden suunnittelussa on vielä otettava huomioon, että murskauslaitoksen viimeistä vaihetta pyritään käyttämään suljetussa piirissä tuotteen laadun parantamiseksi, kuten aikaisemmin mainittiin. Tällöin on prosessilaskelmia tehtäessä otettava huomioon suljetun kiertokuorman alaisen piirin kuormituskerroin, joka voidaan laskea yhtälöstä:

$$T = \frac{E}{E - R}$$, jossa

E = seulontahyötysuhde (%)
R = ylisuuri määrä murskaimen tuotteesta (%)
(= ns. primäärinen kiertokuorma)

Taulukossa on laskettu kuormituskertoimet prosentteina erilaisilla seulontahyötysuhteen ja ylisuuren määrän arvoilla (liite 6).

Prosessilaskelmien avulla kapasiteettivaatimusten pohjalta määritellään murskainten, syöttimien ja seulojen koot kussakin vaiheessa, ottamalla huomioon materiaalivirta ja jakautumat joka haarassa.

Murskainten kapasiteetit asetuksen funktiona, sisään mahtuvat kivikoot ja tuotteen jakautumat eri asetuksilla saadaan koneiden valmistajien taulukoista ja käyristä (liitteet 7 - 26) (vrt. myös valtion maanrakennusalan standardit).

Seulakoot lasketaan valmistajien antamien ominaisseulontatehokäyrien mukaan ottamalla syöttömateriaalin ominaisuuksia vastaavat korjauskertoimet (liitteet 27 ja 28).

On huomattava, että jokainen seulataso on laskettava erikseen useampitasoisissa seuloissa (huomioiden myös mahdollinen kiertokuorma). Myöskin syöttimien syöttö- ja läpäisykapasiteetit on kontrolloitava ottamalla huomioon materiaalin ja seulapinnan ominaisuudet. Seulapinnan materiaalivalinta on tehtävä ennen laskelmia, syöttömateriaalin ja haluttujen kestoikävaatimusten pohjalta.

Koneyksiköiden suuruutta määrättäessä on otettava lisäksi huomioon, että laitoksella saavutettava menetelmäkapasiteetti on yleensä 10 - 20 % pienempi kuin yksityisten koneiden teoreettisen kapasiteetin mukaan laskettu (esimerkiksi prosessilaskelmista ja tahdistuksesta liitteessä 29).

1.4 Käyttöön liittyvät rakenteelliset vaatimukset

Maasto ja sijaintipaikka

Murskauslaitoksen rakenne on riippuvainen myös murskauspaikan maasto-olosuhteista, varsinkin kun kysymyksessä on pitempiaikaiseen käyttöön tuleva useampivaiheinen laitos. Laitokset jaetaankin usein kahteen päätyyppiin: tasamaalaitos ja rinnelaitos. Tasamaalaitoksessa pyritään mahdollisimman pieneen lastauskorkeuteen, koska maaston korkeuseroja ei ole käytettävissä kuormauksessa hyväksi.

Murskauslaitoksen vaiheiden ja varastojen sijoituspaikat ovat myös suuresti maastosta riippuvaisia. Niinpä usein siirrettävien laitosten rakenteessa tulee pyrkiä sellaisiin ratkaisuihin, että laitoksen komponentteja voidaan helposti siirrellä toisiinsa nähden.

Murskauslaitoksen sijaintipaikka asutukseen nähden määrittelee usein myös laitokselle asetettavat pölysuojaus- ja melusuojausvaatimukset.

Siirrettävyys

Murskauslaitokset voidaan jakaa siirrettävyyttä ajatellen kolmeen päätyyppiin:

- kiinteä, pysyvästi asennettu laitos (liite 30)
- puolikiinteä, siirrettävä laitos (liite 31)
- helposti siirrettävä mobile-laitos (liite 32)

Sitä mukaa kun luonnonsoravarat ovat alkaneet ehtyä ja kalliotkin vähentyä, ja siten kerralla murskattavat määrätkin pienentyä, on kysymys murskauslaitoksen siirrettävyydestä tullut yhä tärkeämmäksi. Suuretkin 3-vaiheiset louhosmurskauslaitokset pyritään rakentamaan teräsrakenteiden varaan, jolloin laitoksen pystytysaika saadaan pienenemään (4 viikosta 2 viikkoon). Edellytyksenä tällöin on, että lastaussilta on louhittu etukäteen ja betonia ei valeta ollenkaan. Laitoksen purkamisaika pienenee tällöin myös puoleen aikaisemmasta. Betonirakenteita käytetään vain pitempiaikaisissa stationäärisissä laitoksissa (toiminta-aika useita vuosia) taikka milloin sen käyttö kustannussyistä on edullisempaa kuin teräksen (esim. oma betonin valmistus). Puolikiinteät teräspukkilaitokset ovat tulleet kaikkein suosituimmiksi mm. Pohjoismaissa.

Vaikka murskauslaitoksen hankinta-aika voi lisääntyä jopa 40 %, jos halutaan erittäin helppoa siirrettävyyttä, voidaan siihen uhratut kustannukset kuitenkin nopeasti saada takaisin alentuneina siirtokustannuksina - sitä nopeammin, mitä useammin laitosta joudutaan siirtämään. Viime aikoina ovatkin mobile-laitokset lisääntyneet varsinkin puoliperävaunukäyttöisinä.

Havainnollisen kuvan helpon siirrettävyyden merkityksestä saa, kun vertaa taulukossa 6 laskettuja murskauslaitosten kokemusperäisiä siirtokustannuksia toisiinsa.

Voiman siirtotapa

Murskauslaitosten voimansiirtotapa voi olla:
- sähköinen verkkokäyttö
- " dieselaggregaattikäyttö
- mekaaminen dieselmoottorikäyttö
- yhdistetty mekaanis-sähköinen dieselgeneraattorikäyttö.

Taulukko 6 - Siirtokustannusten vertailu

Murskauslaitos	Kapasiteetti (m^3/h)	Murskattu määrä (m^3/v)	Perustus-tapa	Pystytys-aika (pv)	Purkamis-aika (pv)	Kokonais-siirtokust. (mk/kerta)	Suositeltava minimimurskattava määrä (m^3/paikka)
Stationäärilaitos (3- tai useampi-vaiheinen + siilo-ryhmä)	150-200	yli 300 000	betoni + teräs	60	30	120 000 - 150 000	60 000 - 80 000
Siirrettävä MK 120 -laitos (3-vaiheinen + siilot)	80-150	150 000 - 300 000	betoni + teräs	30	20	60 000 - 80 000	40 000 - 50 000
Siirrettävä MK 120 -laitos (3-vaiheinen + siilot)	80 -150	150 000 - 300 000	teräs + puu	15	10	45 000 - 50 000	25 000 - 30 000
Siirrettävä K 100 -laitos (2-vaiheinen + siilot)	60-100	100 000 - 200 000	teräs + puu	6	4	25 000 - 30 000	6 000 - 8 000
Mobile LM 100-laitos (2-vaiheinen)	60-100	100 000 - 200 000	tuet + pyörät	2	1	7 000 - 10 000	2 000 - 3 000
Mobile LM 75-laitos (2-vaiheinen)	40-80	60 000 - 120 000	tuet + pyörät	2	1	7 000 - 10 000	2 000 - 3 000

Suomessa ovat käytössä lähes yksinomaan kaksi ensiksi mainittua tapaa, jotka on todettu huoltomielessä edullisimmiksi. Mekaaninen dieselmoottori on tullut suosituksi mobileissa murskaamoissa varsinkin läntisellä pallonpuoliskolla. Samoin yhdistetty käyttö eräissä uusimmissa vaunutyypeissä siten, että murskaimet käytetään mekaanisesti suoraan dieselmoottorista ja muut pienemmät voimansiirrot generaattorimoottori-periaatteella. Tällöin vältetään monimutkaisten pitkien kardaani- ja hihnavälitysten käyttö ja huolto on helpompi suorittaa. Dieselmoottorin käyttö suoraan vaunuissa tuo eräitä etuja mm. nopeaa siirrettävyyttä ajatellen kaapelien kelausten ja purkamisten jäädessä pois. Toisaalta moottorin huoltokustannusten pitämiseksi kohtuullisina moottori on varustettava kaksinkertaisilla imuilmansuotimilla (märkä- ja kuivasuodattimet) ja ilman sisäänotto järjestettävä 5 - 6 m korkeudelta tapahtuvaksi. Moottori on lisäksi koteloitava mahdollisimman hyvin pölyä vastaan. Mekaanis-sähköinen dieselmoottorikäyttö näyttäisi hankinta- ja huoltokustannusten kannalta ja laitoksen siirtoa ajatellen mielekkäimmältä ainakin pienemmissä siirrettävissä laitoksissa.

2 Laitevalintojen suomat mahdollisuudet alentaa murskauskustannuksia

Murskauslaitoksen kustannuserittely voidaan tehdä monella tapaa riippuen siitä miltä kannalta asioita halutaan tarkastella. Seuraavassa olen jakanut kustannukset ryhmiin:

1. Pääomakustannukset
2. Materiaalin hankinta ja kuormaus laitokseen
3. Murskeen valmistuskustannukset
   - Siirtokustannukset
   - Käyttökustannukset
     - Palkat
     - Energia
     - Huolto
     - Korjaukset

4. Tuotteen siirto- ja varastointikustannukset
5. Muut yhteiset kustannukset

Murskauslaitosten ja murskainten valinnalla voidaan vaikuttaa kolmeen ensiksi mainittuun ryhmään. Kustannusryhmien keskinäisestä suuruusluokasta voidaan saada soramurskauslaitosten osalta käsitys vertaamalla esim. ML 6-laitoksista saatuja tilastolukuja (vuodelta 1969):

1. Pääomakust.:	0,64 mk/m^3	=	18,1 %
2. Mat. kuormaus:	0,95 "	=	27,9 %
3. - siirtokust.:	0,22 "	=	6,3 %
- palkat:	0,92 "	=	26,0 %
- käyttö, energia, huolto, korj.	0,80 "	=	22,7 %
	3,53 mk/m^3	=	100,0 %

Edellä oli puhe laitoksen siirrettävyydestä ja sen merkityksestä kuutiohinnan alentamiseksi. Prosenttilukujen valossa näyttävät siirtokustannukset olevan kuitenkin melko vaatimattomat. Erään tutkimuksen mukaan 3-vaiheisen MK 120-laitoksen perustamiskustannukset olivat (1965) n. 10 % tuotteen kuutiohinnasta. Kysymyksessä oleva laitos oli puolikiinteä, yhdistetty betoni-teräsrakenteinen laitos. Mobile-laitoksella ilmeisesti päästäneen siirtokustannuksissa 5 % tasolle tuotteen hinnasta.

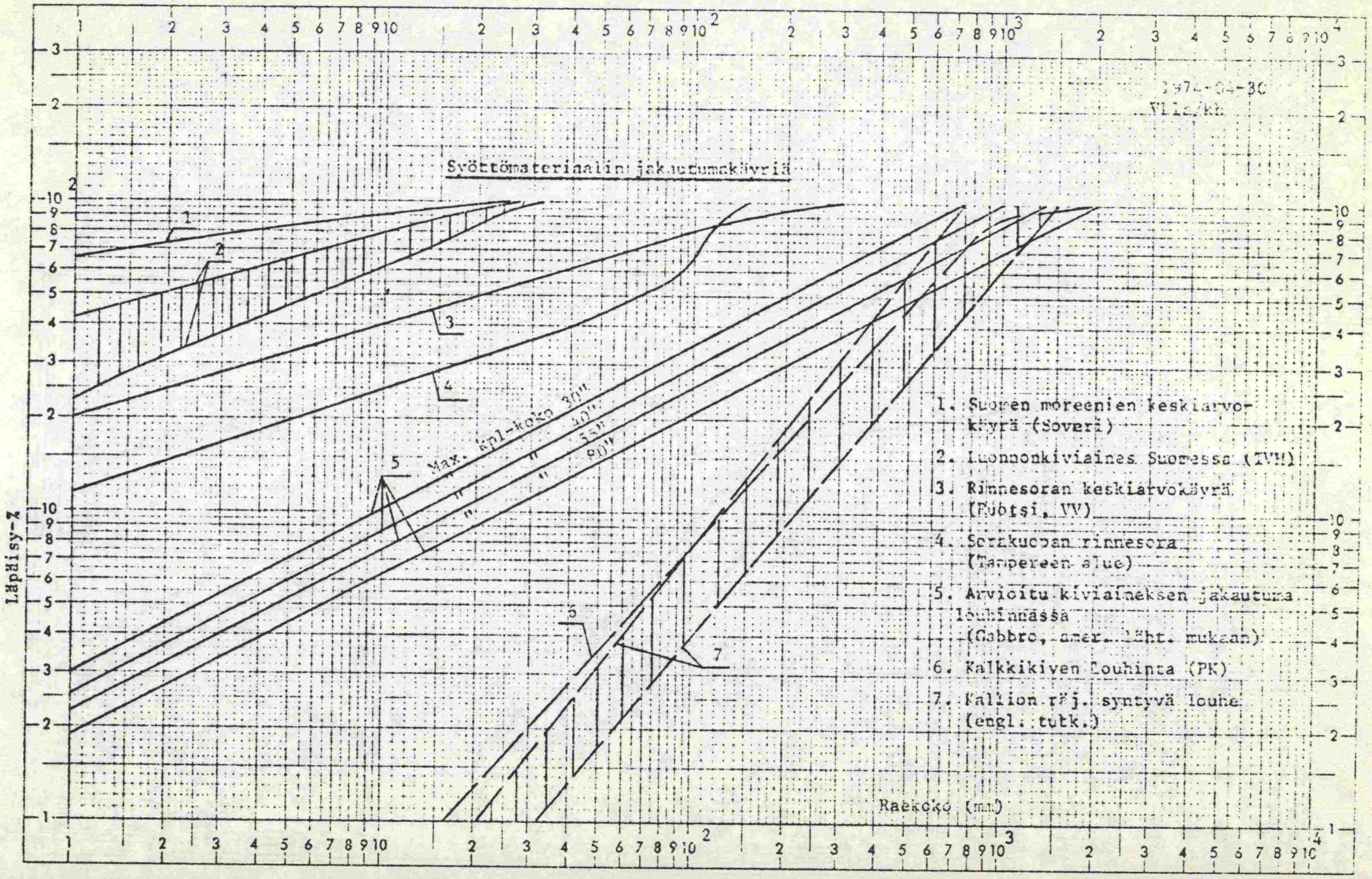
Pääomakustannukset ja palkkakustannukset ovat suoranaisesti aikaan sidottuja kustannuksia, joiden osuus kokonaiskustannuksista on lähes puolet. Näitä kustannuksia voidaan alentaa laitoksen murskauskapasiteettia nostamalla.

Millä tavalla kapasiteetin nostaminen vaikuttaa murskainten pääoma- ja käyttökustannuksiin, käy selville oheisten liitteiden 34 ja 35 mukaisista käyrästöistä. Niiden mukaan kustannukset pienenevät suurempitehoisilla murskaimilla; samansuuntainen vaikutus lienee murskauslaitoksen muidenkin koneiden kohdalla. Murskaimet edustavat

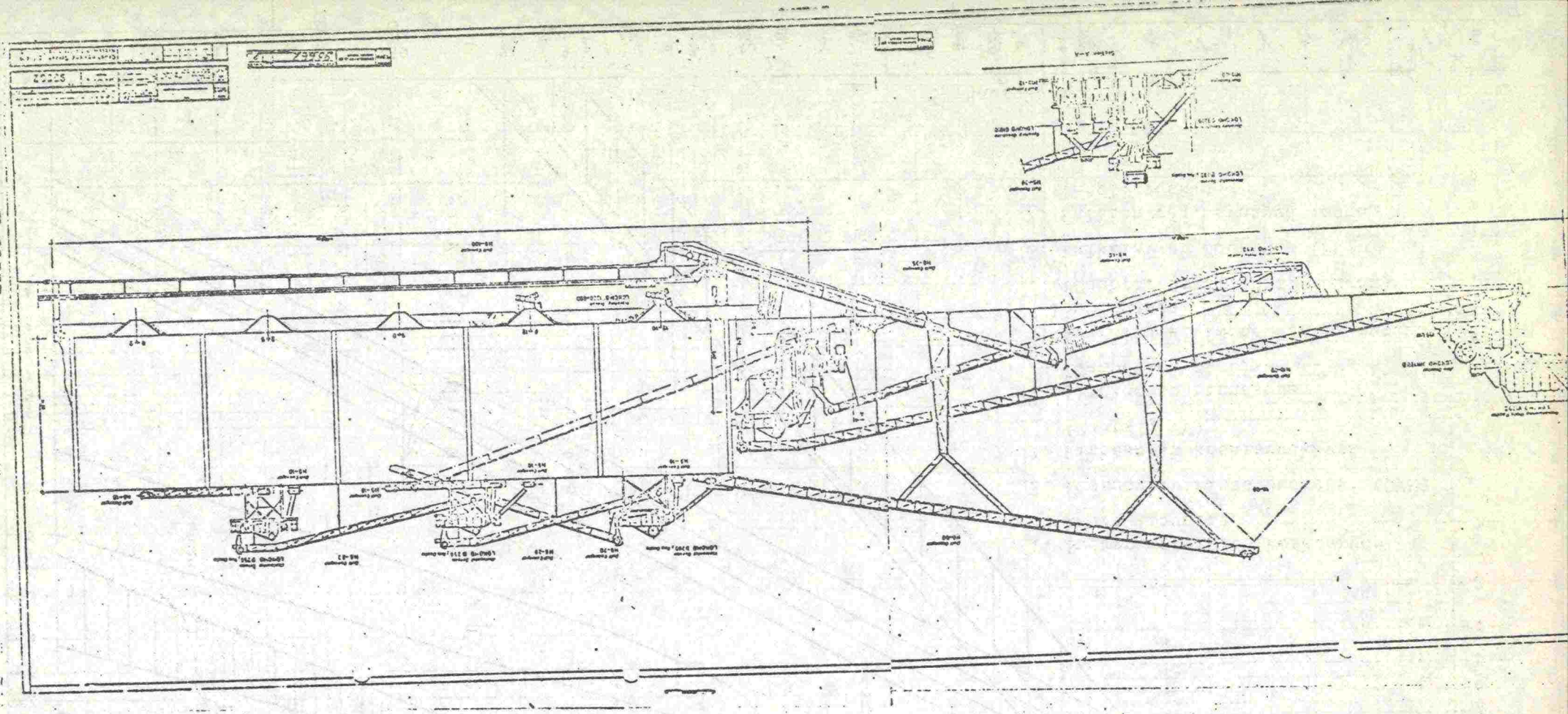
kuitenkin pääosaa laitoksen pääoma- ja käyttökustannuksista. Käyristä voidaan myös nähdä karamurskainten edullisuus suurilla kapasiteeteilla ja epäedullisuus pienillä. Leukamurskainten käyttö pienillä asetuksilla näyttää nostavan kustannuksia suuremmilla murskaimilla. Tämä on kuitenkin usein välttämätöntä, koska halutaan säästää jälkimurskainten koossa ja investoinneissa. Suurien esimurskainten käytöllä säästetään toisaalta louhinta- ja rikkoammuntakustannuksia. Rikkoammunnan kustannukset saattavat nousta erään tutkimuksen mukaan jopa 50 p/t, jos esimurskaimen kidan syvyys pienenee 500 mm: siirryttäessä kitakoosta 1800 x 1400 mm 1200 x 900 mm:iin.

Kustannusvertailu osoittaa, että murskauslaitoksilla tulisi pyrkiä vähintään 60 - 80 m^3/h kapasiteetteihin soramurskaamoissa ja 100 - 140 m^3/h louhosmurskaamoissa. Kapasiteettiluvut tarkoittavat laitoksen murskattua osuutta, joten kokonaiskapasiteettien tulisi olla vieläkin suurempia.

Liite 1.


Syöttömateriaalin jakautumakäyrät
1974-04-30
VTL/kh
Läpäisy-%
Raekoko (mm)
Max. kpl-koko 30"
" " 40"
" " 50"
" " 80"
1. Suomen moreenien keskiarvokäyrä (Soveri)
2. Luonnonkiviaines Suomessa (TVH)
3. Rinnesoran keskiarvokäyrä (Ruotsi, VV)
4. Sorakuopan rinnesora (Tampereen alue)
5. Arvioitu kiviaineksen jakautuma louhinnassa (Gabbro, amer. läht. mukaan)
6. Kalkkikiven louhinta (PK)
7. Kallion räj. syntyvä louhe (engl. tutk.)

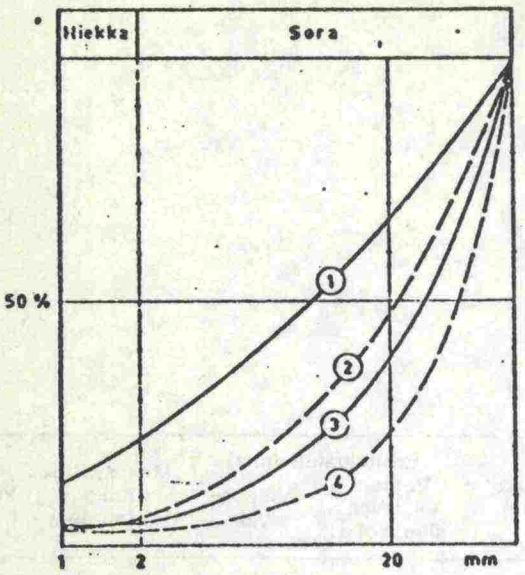
Liite 2

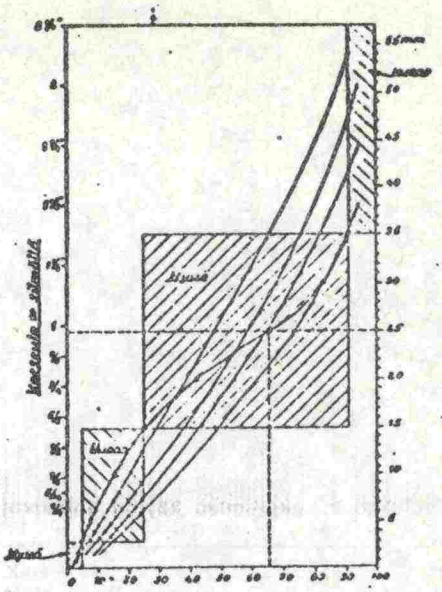


Taulukko 2. Lajittimien käytön ohjearvot

No	Tyyppi	Rak. pinta-ala (m^2)	Isku (mm)	Iskuluku (i/min)	Erottelualue (mm) Verkon tai levyn silmäkoko	Erottelualue (mm) Välppä-väli	Max. syöttö-koko (mm)	Tason kaltevuus (°)
1	Staatt. karkea välppä	1–10	–	–	–	50–600	2 000	10–60
2	Vaakatasosyötin (mekaaninen)	1–7 (välppä)	6–16	700–1 300	4–120	25–350	2 000	0–15
3	Sähkömagneettinen täryvälppä	0,5–3 (välppä)	1–2	3 000	–	25–200	1 200	10–15
4	Porrasvälppä (vapaavärähteinen)	0,5–10	4–12	800–1 500	–	25–200	500–900	10–25
5	2-akselinen epäkeskoseula	3–9 (–16,5)	20–30	500–600	8–150	25–250	300–500	7,5–12
6	1-akselinen epäkeskoseula	2–9	6–10	800–1 200	4–100	25–150	200–400	6–18
7	Vaakatasoseulat (lin. tai ellipsivär.)	3–20	6–20	650–1 300	5–150	25–200	200–400	0–5
8	Resonanssiseulat (1- tai 2-korinen)	2–30	1–25	600–800	2–45 45–100	–	150–200 (–600)	0
9	Vapaavärähteiset ympyrätärytysseulat	2–9 (–16)	4–10 (–12)	800–1 500	1–75 (–100)	25–125	200–300 (–500)	15–25
10	Vapaavärähteiset ympyrätärytyshienoseulat	1–4	1–4	1 500–3 000	0,2–12	–	100	10–30
11	Sähkömagneettiset äänijaksoseulat	1–5	0,6–1,2	3 000–6 000	0,03–12	–	50–100	30–50
12	Keskipakoisseulat (V-seulat)	3,3	12,7	840–1 092 (60–78)	0,2–12	–	50–100	90
13	Guratoriset tasoseparaattorit	0,2–1,8		240	0,05–5	–	50–100	0
14	Vinotaso lajittelijat (Mogensen sizer)	0,5–1,35		1 500–3 000	0,05–25	–	100	10–50
15	Kaariseulat	1–5				0,3–40 (0.04)	50–100	30–90
16	Rumpu- ja rumputärytysseulat	2–40	(18)	(1000) 4–16	5–150		200–300	4–6
17	Luokittimet (vesierottelulaitteet)			–	0,08–5	–	7	0–90
18	Tuulilajittelijat				0,037–0,25		5	90

Kuva 1. Samasta kivilajista eri murskaintyypeillä saatu murske.
1 = vasaramurskain, 2 = kartiomurskain,
3 = leukamurskain, 4 = valssimurskain





Eri rosluokkien muotolekijöin vaihtelu. Materiaali murskattu 36":n kartiomurskaimella 25mm:n aseluk:ella.

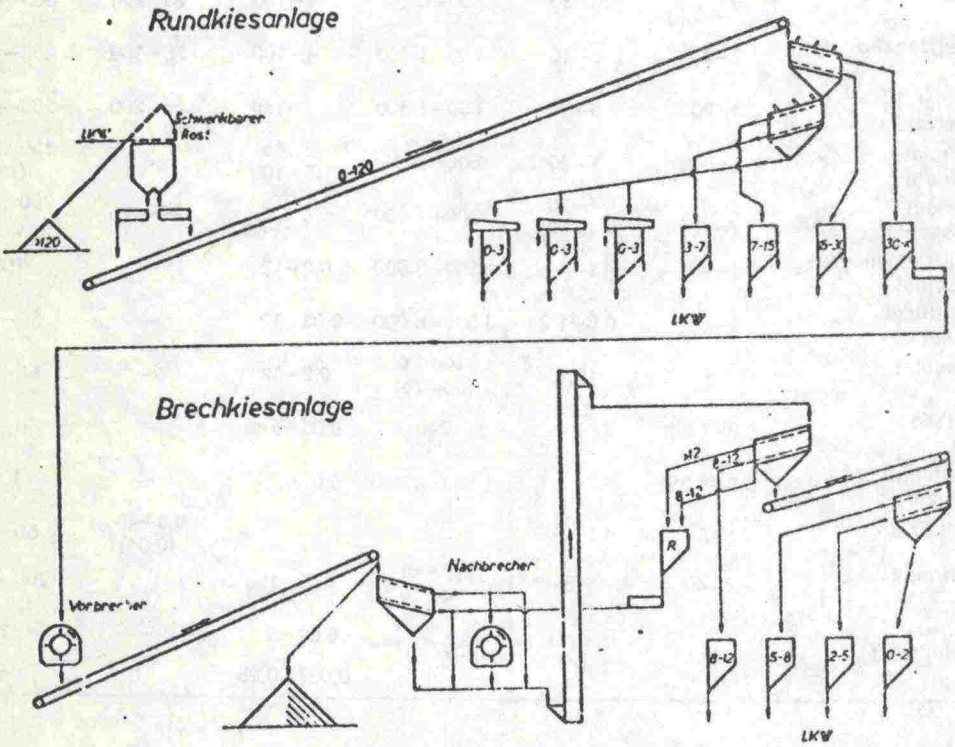
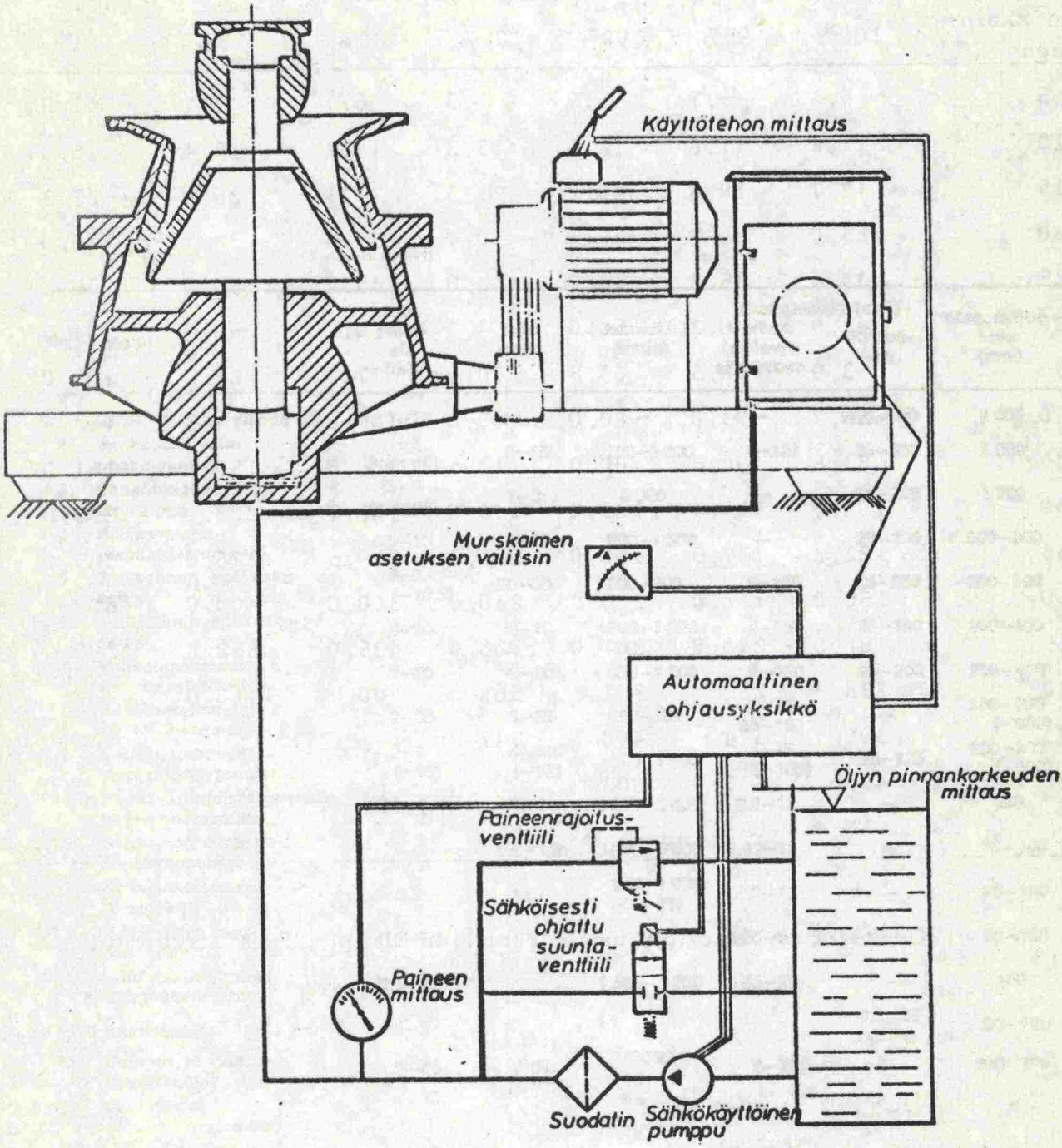


Bild 2: Stammbaum der Anlage Almer, Regensburg

Flowsheet of the Almer plant, Regensburg

Flow-sheet de l'installation Almer, Regensburg



Lokomo-Karamurskaimen automaattisäädön periaatekaavio

Ylisuuri määrä murskaimen tuotteessa (%)	Seulontahyötysuhde (%)						
	100%	95%	90%	85%	80%	75%	70%
5	5,3	5,7	5,9	6,3	6,7	7,1	7,7
10	11,2	11,8	12,6	13,3	14,2	15,4	16,8
15	17,7	18,8	20,0	21,5	23,1	25,0	27,3
20	25,0	26,7	28,4	30,7	33,4	38,3	40,0
25	33,4	35,8	38,7	42,0	45,4	50,0	55,5
30	42,9	46,3	50,0	54,7	60,0	66,7	74,5
35	53,9	58,5	63,8	70,0	77,8	87,7	100,0
40	66,7	73,0	80,0	89,0	100,0	114,3	133,5
45	81,8	90,5	100,0	112,5	128,5	150,0	181,0
50	100,0	111,4	125,0	143,0	166,7	203,0	250,0
55	122,2	137,5	158,0	183,5	219,5	276,0	365,0
60	150,0	172,0	200,0	240,0	300,0	400,0	600,0
65	186,0	216,0	261,0	326,0	435,0	652,0	1290,0
70	233	280	351	568	700	1416,0	
75	300	374	498	747			
80	400	537	802				
85	567	852					

Kiertokuorma ilmoitettuna prosentteina alkuperäisestä syötöstä.

Liite 7

LOKOMO kiertomurskaimien tekniset tiedot

5 6 5 1 8

Murskaintyyppi	MK 50	K 63	MK 63	K 75	MK 90	MK 120	K 140	K 160B	K 160	K 200	Huom.
Kita-aukko mm x mm	500 x 200 500 x 230 500 x 280	630 x 350 630 x 400	630 x 400	750 x 500 750 x 565	900 x 600 900 x 675 900 x 750	1200 x 900 1200x1000	1400 x 1100 1400 x 1200	1600 x 1250 1600 x 1050	1600x1400 1800x1500	2000 x 1500 2000 x 1600	Suurempaa kita-aukkoa varten poistetaan väliaatta kiinteän leuan takaa
Kiinteän leuan pituus mm	590	900	1100	1250	1500	2445	2500	2950	2950	3000	
Liikkuvan leuan pituus mm	670	900	1210	1750	1670	2565	2570	2950	2950	3000	
Kidan alapään asetusalueet mm	20... 60 50... 90 100...140	40...100 90...150	40...100	50...120 115...185	60...140 110...215 180...290	100...250 125...350	125...275 225...350	150...350 250...450	200...350 300... 450	350...450 450...550	
Tuotanto em. asetuksilla m^3/h	7...21 17...30 35...50	18...45 40...65	18...45	30...70 70...110	45...105 80...160 130...210	110...240 130...325	155...300 250...375	200...410 310...520	300...480 420...600	530...675 675...825	E.m. arvot keskikovaa graniittia murskattaessa
Kitakulma°	17	20	18	20	20	18 20	22	21	22	22	Minimiasetus
Aksolin halkaisija runkolaakerin kohdalla mm	170	190	220	220	280	400	480	480	480	500	
Aksolin halkaisija heilurin laakerin kohdalla mm	200	240	280	280	340	440	520	560	560	630	
Kierrosluku r/min	300	275	250	250	225	175	175	150	150	150	
Vauhtipyörien huimamomentti kgm^2	500	1500	1900	4000	8000	15000	30000	38000	48000	48000	CD^2
Vauhtipyörä mm x mm	1000x220	1172x300	1400x380	1400x350	1800x400	2000x500	2400x500	2605x500	2605x500	2605x500	
Moottoriteho kW	30	55	55	75	110	130...160	160	160...200	160...200	200	Kippimomentin tarve 2,0...2,5
Voimansiirtohihnat	5 kpl 5 V N:o 1800	8 kpl 5 V N:o 2240	8 kpl D	9 kpl 5 V N:o 2500	12 kpl 5 V N:o 3150	9 kpl 8 V N:o 3550	11 kpl 8 V N:o4000	11 kpl 8 V N:o 4500	11 kpl 8 V N:o 4500	11 kpl 8 V N:o 4500	
Kokonaispaino ton	4,5	7,2	10,5	13	24,3	47	75	107	125	150	

LOKOMO-kiertomurskainten perus-
kapasiteetit graniitin murskauksessa

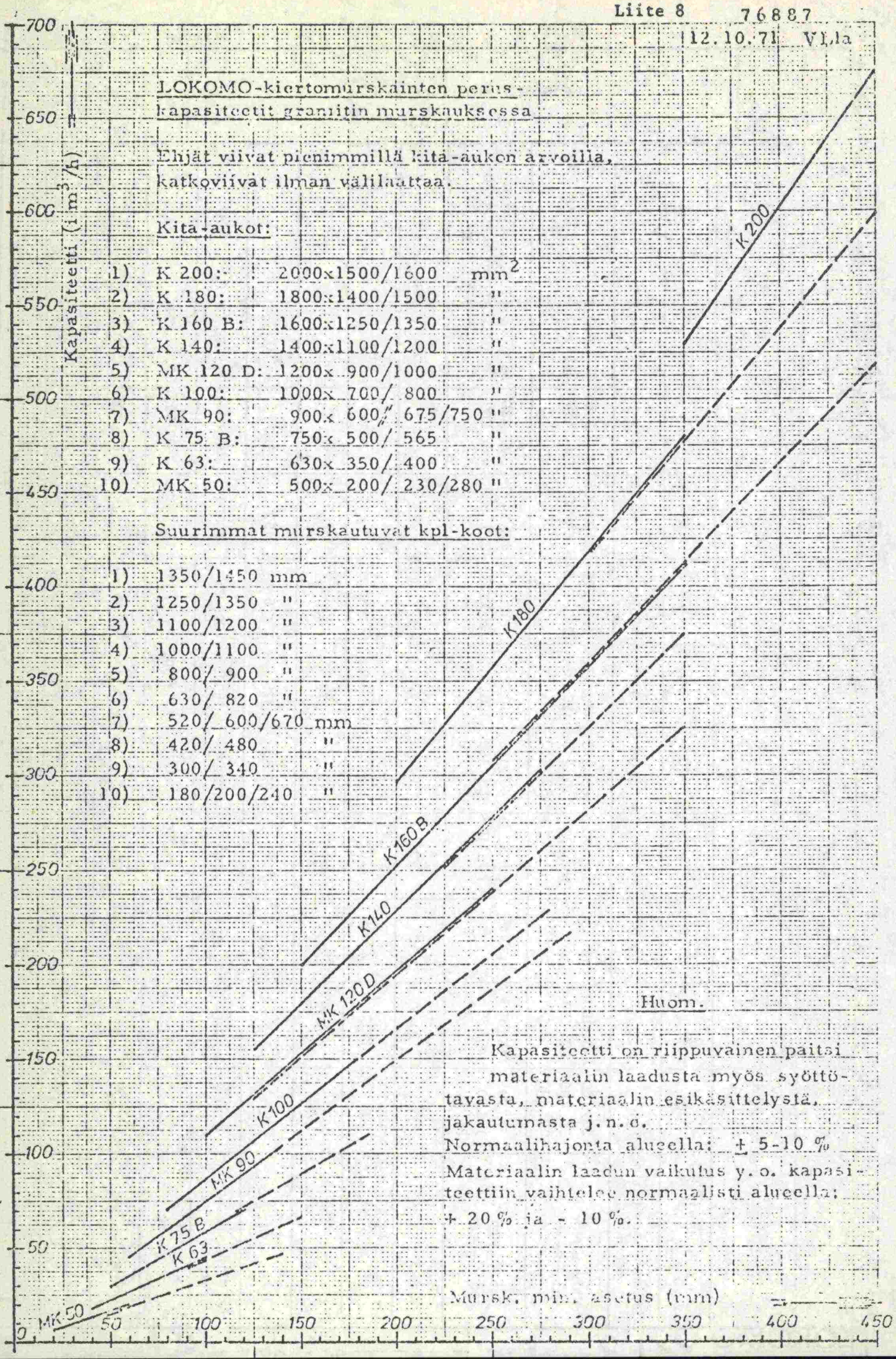
Ehjät viivat pienimmillä kitä-aukon arvoilla,
katkoviivat ilman välilaattaa.

Kitä-aukot:

1) K 200: 2000x1500/1600 mm^2
2) K 180: 1800x1400/1500 "
3) K 160 B: 1600x1250/1350 "
4) K 140: 1400x1100/1200 "
5) MK 120 D: 1200x 900/1000 "
6) K 100: 1000x 700/ 800 "
7) MK 90: 900x 600/ 675/750 "
8) K 75 B: 750x 500/ 565 "
9) K 63: 630x 350/ 400 "
10) MK 50: 500x 200/ 230/280 "

Suurimmat murskautuvat kpl-koot:

1) 1350/1450 mm
2) 1250/1350 "
3) 1100/1200 "
4) 1000/1100 "
5) 800/ 900 "
6) 630/ 820 "
7) 520/ 600/670 mm
8) 420/ 480 "
9) 300/ 340 "
10) 180/200/240 "

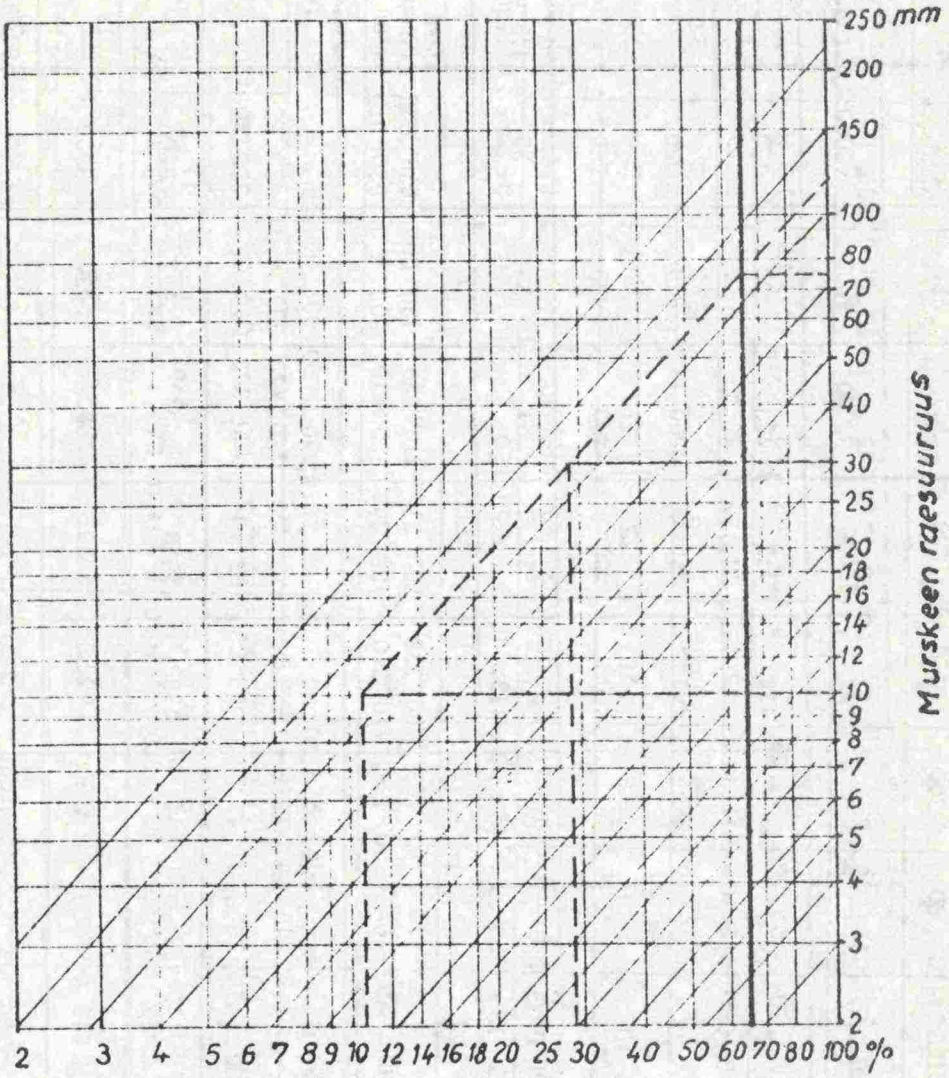


Huom.

Kapasiteetti on riippuvainen paitsi materiaalin laadusta myös syöttötavasta, materiaalin esikäsittelystä, jakautumasta j.n.e.
Normaalihajonta alueella: ± 5-10 %
Materiaalin laadun vaikutus y.o. kapasiteettiin vaihtelee normaalisti alueella: + 20 % ja - 10 %.

Murskekoko

Murskauksessa muodostuu luonnollisesti eri kokoisia rakeita. Allaoleva diagrammi osoittaa raesuuruuksien likimääräisen jakautumisen.



Esimerkki: Murskaimen minimiasetus on 75 mm. Kysytään, kuinka monta % murskeen raesuuruudesta on 30...75 mm, 10...30 mm ja < 10 mm.

Ratkaisu: Kokeiden mukaan murskaimesta menee läpi keskimäärin 35 % tuotetta, jonka raekoko on minimiasetusta suurempi. Siksi on lähtöpiste 65 %:n pystysuoran (diagrammissa vahva viiva) ja minimiasetusta vastaavan vaakasuoran leikkaus. Tästä vedetään diagrammin vinosuorien suuntainen suora, jota nimitämme kuvaajasuoraksi. Kuvaajasuoralta otamme kysyttyjen raekokojen korkeudelta (tässä tapauksessa 30 ja 10 mm) pisteet, joista tulemme pystysuorilla alas %-asteikolle. Saamme raekokoa 30 mm vastaamaan n. 29 %, t.s. murskeessa esiintyy raekokoa ≦ 30 mm 29 %, ja vastaavasti 10 mm:ä vastaa n. 11 %. Diagrammin mukaan esiintyy siis murskeessa eri raekokoja likimain seuraavasti:

120...75 mm = 35 %
75...30 mm = 36 % (65-29)
30...10 mm = 18 % (29-11)
≦ 10 mm = 11 %

EP 475

LOKOMO KARAMURSKAIMET

Teknillisiä arvoja

Karamurskain	G 48	G 78	G 123	G 610	G 1010	G 1810	G 3210	G 1014	G 1814	G 2614	G 4213
Sisäterän halkaisija mm	800	800	800	1000	1000	1000	1000	1400	1400	1400	1300
Syöttöaukon leveys mm	40	70	125	60	100	160	320	100	180	260	420
Tuotantokyky m^3/h	5 ... 17	6 ... 22	20 ... 35	15 ... 40	25 ... 65	35 ... 100	60 ... 150	42 ... 100	60 ... 140	100 ... 180	120 ... 260
Asetusalue mm	4 ... 30	5 ... 30	8 ... 30	5 ... 20	8 ... 25	12 ... 35	35 ... 65	10 ... 35	14 ... 45	20 ... 45	45 ... 60
Iskullike vaihtoehdot mm	12; 14	10; 12 14	8;10,12 14	12; 16 22	12; 16 22	12; 16 22	16; 22 26	20; 25 32	16; 20 25; 32	20; 25 32	20; 25 32
Normaali iskuliike mm	12	10	10	16	16	16	22	25	25	25	25
Säätöjärjestelmä	hydraul.	hydraul.	hydraul.	hydraul.	hydraul.	hydraul.	hydraul.	hydraul.	hydraul.	hydraul	hydraul.
Syötettävä kiviaines mm x mm x mm	25 x 25 x 32	35 x 35 x 50	75 x 75 x 100	35 x 35 x 50	50 x 50 x 70	110x110x 150	220x220x 300	50 x 50 x 70	110x110x 150	150x150x 200	250x280x 380
Edellä olevan mursk. asetus mm	15 ... 20	20 ... 35	40 ... 60	20 ... 35	35 ... 50	70 ... 100	150 ... 190	35 ... 50	70 ... 110	110 ... 140	200 ... 230
Käyttöakselin kierrosluku l/min	940 ... 990	940 ... 990	940 ... 990	950...1020	950...1020	950...1020	830 ... 870	890 ... 950	890 ... 950	890 ... 950	660 ... 740
Käyttömoottori kW	30 ... 45	30 ... 45	30 ... 45	75 ... 90	75 ... 90	75 ... 90	90 ... 110	90 ... 110	90 ... 110	90 ... 110	130 ... 160
Käyttöhihnat	6 kpl C 112	6 kpl C 112	6 kpl C 112	9 kpl 5V1000	9 kpl 5V 1000	9 kpl 5V 1000	12 kpl 5 V 1120	11 kpl 5V	11 kpl 5V	11 kpl 5V	12 kpl 5V
Korkeus ilman suppiloita m	2,513	2,513	2,513	2,35	2,35	2,35	2,921	3,2	3,2	3,2	3,668
Terien vaihdossa nostettava paino kg	1950	1950	1700	3500	3400	3000	6000	8100	8100	6400	9500/6000
Kokonaispaino kg	7650	7650	7400	13000	13000	12500	16600	24200	24200	22000	30000

Liite 10
404436

PV/kj

Julkaistu 23.1.1974 26.1.1972

404436

LOKOMO	KARAMURSKAIN G 128 Tuotantokyky taulukko	404464

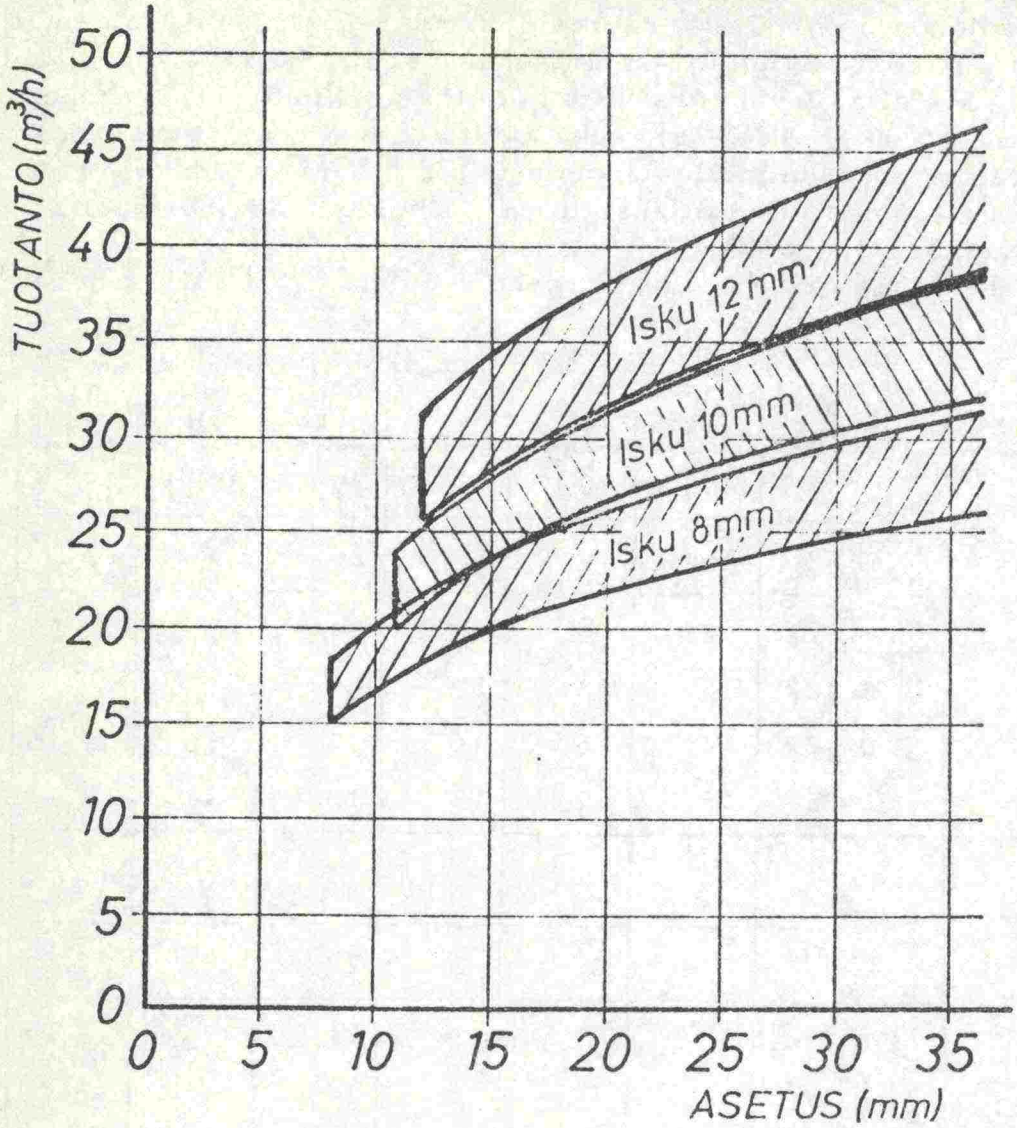
Tässä taulukossa on esitetty käyrästöjen 404340 ja 463813 antamat tuotantoluvut m^3/h (kokonaistuotto = murskaimen kautta kulkeva kokonaiskiviainesvirtaus. Sen alla olevat sarakkeet ilmoittavat kuinka paljon saadaan lajikkeita 0-6, 0-12, 0-18 ja 0-25), sekä käyttötehon tarve eri asetuksilla ja iskuliikkeillä karamurskaimelle Lokomo G 128. Nämä arvot ovat täydellä syöttömäärällä saavutettuja mittaustuloksia, kun käytetään normaalia murskainteräparia 363092, 363093.
Murskattavan materiaalin suurin raekoko on alle 75 x 75 x 100 mm^3.

Tuotantoluvut m^3/h

Iskuliike	Asetus mm		8	11	13	15	20	25	30
8 mm	Tehon-tarve ⊠		40 kW	40 kW	35 kW	35 kW	30 kW	25 kW	20 kW
	Kokonais-tuotto		15	17	18,5	20	22	23	25
	lajiketuotto	0-6mm	8	6	5	4	3,5	2,5	1,5
		0-12 "	13	12	10	9	6,5	5	4
		0-18 "	14	16	16	15	11	9	7
		0-25 "	15	17	17	18,5	17	13	10
10 mm	Tehon-tarve ⊠			45 kW	40 kW	40 kW	35 kW	30 kW	25 kW
	Kokonais-tuotto			20	22	23,5	26	28,5	30
	lajiketuotto	0-6mm		7	6	5	4	3	2
		0-12 "		14	12	10,5	8	6	5
		0-18 "		19	19	18	13	11	8,5
		0-25 "		20	21,5	22	20	16,5	12
12 mm	Tehon-tarve ⊠				40 kW	40 kW	35 kW	30 kW	25 kW
	Kokonais-tuotto				26,5	28	32	34	36
	lajiketuotto	0-6 mm			7	6	4,5	3,5	2,5
		0-12 "			14	12,5	9,5	7	6
		0-18 "			21,0	20,5	15,5	13	10
		0-25 "			25	26	24	19	14

⊠ Ilmoitettu käyttöteho (sähköteho) tarvitaan murskattaessa soraharjun luonnonkiviainesta. Esim. sellaista joka on esimurskattu kiertomurskain LOKOMO MK 63:lla, jonka asetus on 40...60 mm.

LOKOMO	KARAMURSKAIN LOKOMO G 128 TUOTANTOKÄYRÄSTÖ	404340



Käyrästö esittää murskaimen läpivirtausmääräa täyden syötön ja lyhyen (1...5 min) mittausjakson aikana.

Pitempien mittausjaksojen (4...7 h) aikana on mittausten mukaan murskaimen läpivirtausmäärä 0...10 % alhaisempi.

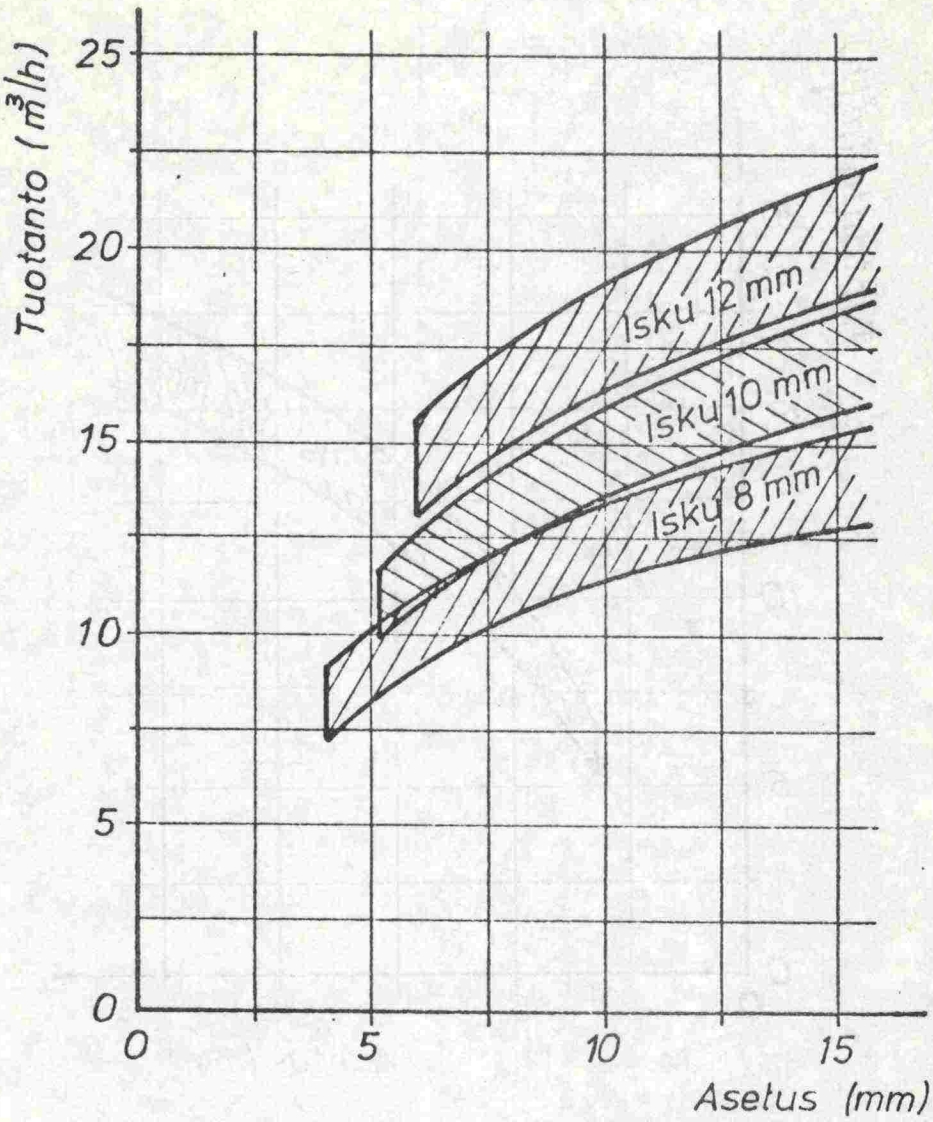
Kivilaadusta (tilavuuspainosta) riippumatta voidaan olettaa, että tilavuusläpivirtausmäärä pysyy vakiona.

Eräitä tilavuuspainoja:

Kivimurske	1,4...1,6 t/m³
Sora, kostea	1,6...1,75 t/m³
Sora, kuiva	1,45...1,55 t/m³
Rautamalmi, karkea	2,0...3,0 t/m³
Rautamalmi, hieno	2,4...3,5 t/m³
Kalkkikivi, murskattu	1,3...1,5 t/m³
Koksi	0,4...0,67 t/m³

KARAMURSKAIN LOKOMO G 78
TUOTANTOKÄYRÄSTÖ

404652



Käyrästö esittää murskaimen läpivirtausmäärää täyden syötön ja lyhyen (1...5 min) mittausjakson aikana.

Pitempien mittausjaksojen (4...7 h) aikana on mittausten mukaan murskaimen läpivirtausmäärä 0...10 % alhaisempi.

Kivilaadusta (tilavuuspainosta) riippumatta voidaan olettaa, että tilavuusläpivirtausmäärä pysyy vakiona.

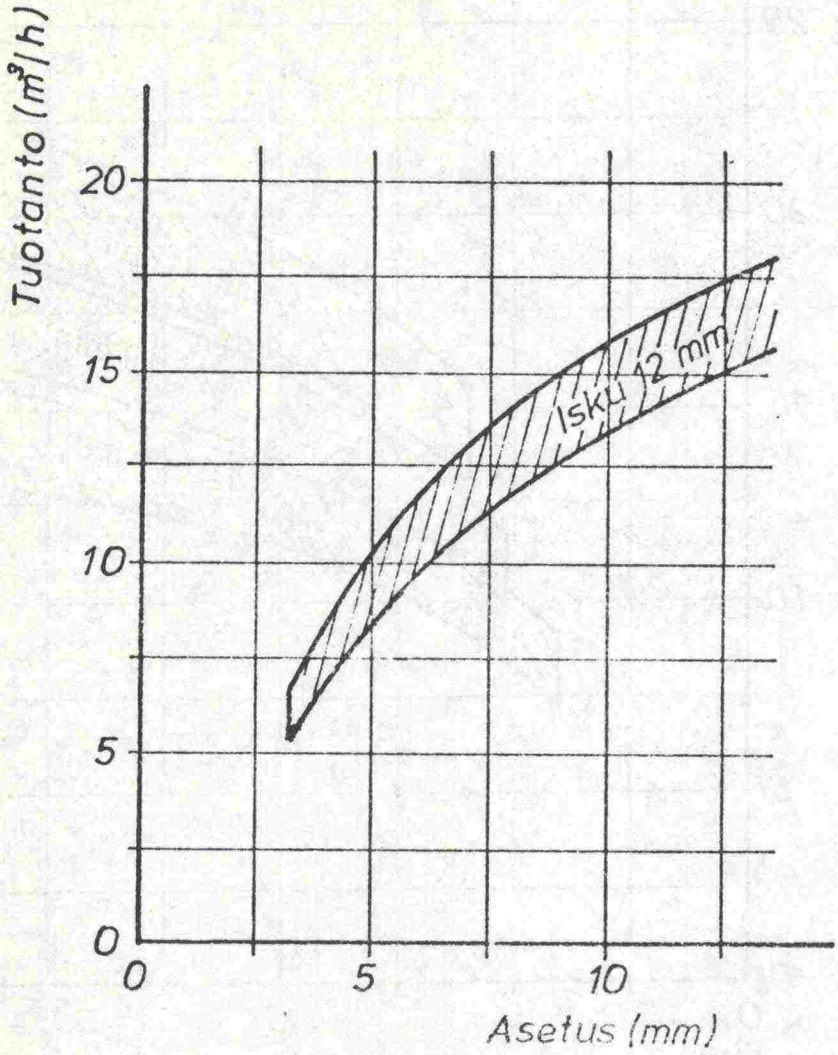
Eräitä tilavuuspainoja:

Kivimurske	1,4...1,6 t/m³
Sora, kostea	1,6...1,75 t/m³
Sora, kuiva	1,45...1,55 t/m³
Rautamalmi, karkea	2,0...3,0 t/m³
Rautamalmi, hieno	2,4...3,5 t/m³
Kalkkikivi, murskattu	1,3...1,5 t/m³
Koksi	0,4...0,67 t/m³

KARAMURSKAIN LOKOMO G 48

TUOTANTOKÄYRÄSTÖ

404653



Käyrästö esittää murskaimen läpivirtausmäärää täyden syötön ja lyhyen (1...5 min) mittausjakson aikana.

Pitempien mittausjaksojen (4...7 h) aikana on mittausten mukaan murskaimen läpivirtausmäärä 0...10 % alhaisempi.

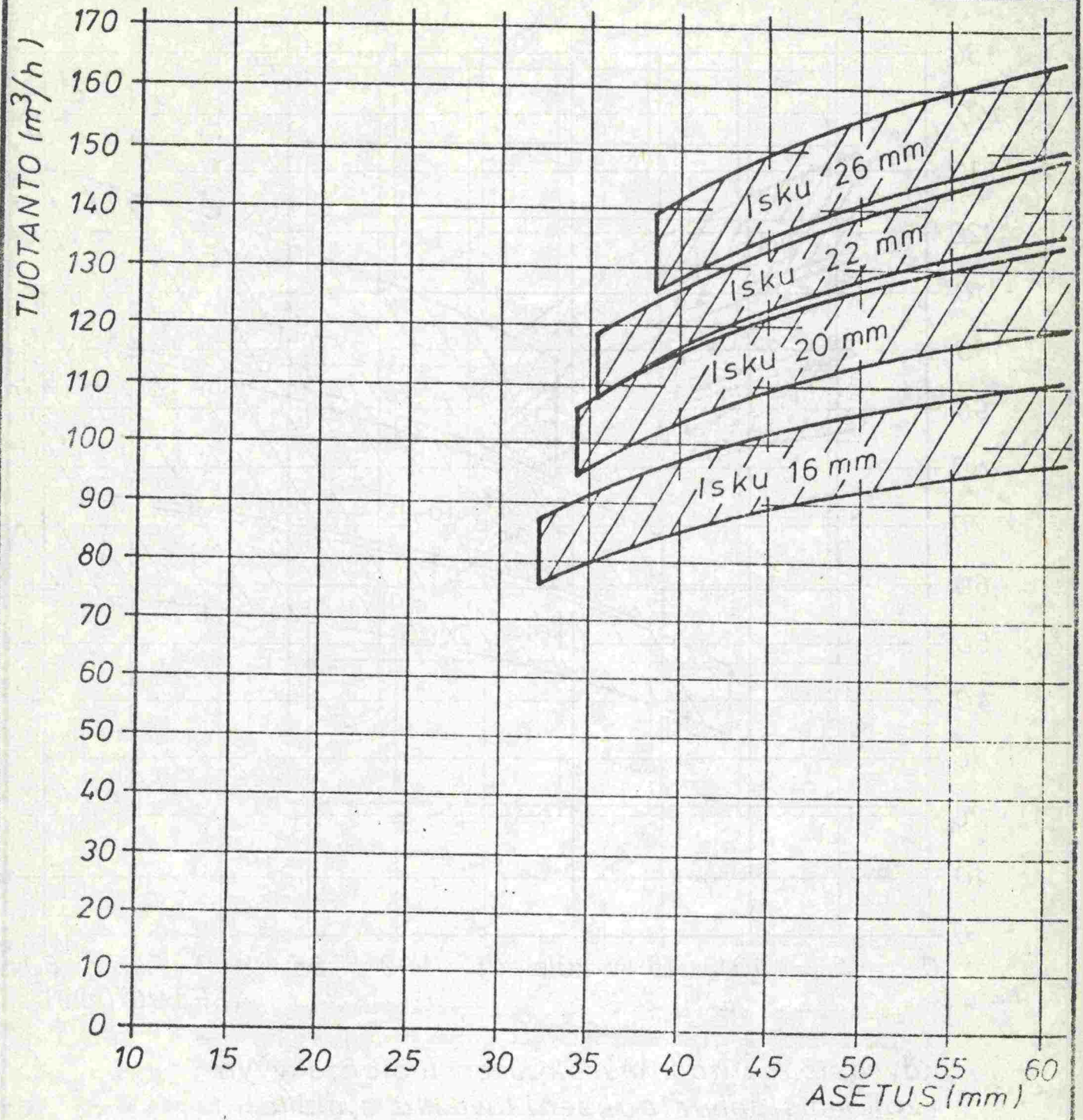
Kivilaadusta (tilavuuspainosta) riippumatta voidaan olettaa, että tilavuusläpivirtausmäärä pysyy vakiona.

Eräitä tilavuuspainoja:

Kivimurske	1,4...1,6 t/m³
Sora, kostea	1,6...1,75 t/m³
Sora, kuiva	1,45...1,55 t/m³
Rautamalmi, karkea	2,0...3,0 t/m³
Rautamalmi, hieno	2,4...3,5 t/m³
Kalkkikivi, murskattu	1,3...1,5 t/m³
Koksi	0,4...0,67 t/m³

KARAMURSKAIN LOKOMO G 3210 TUOTANTOKÄYRÄSTÖ

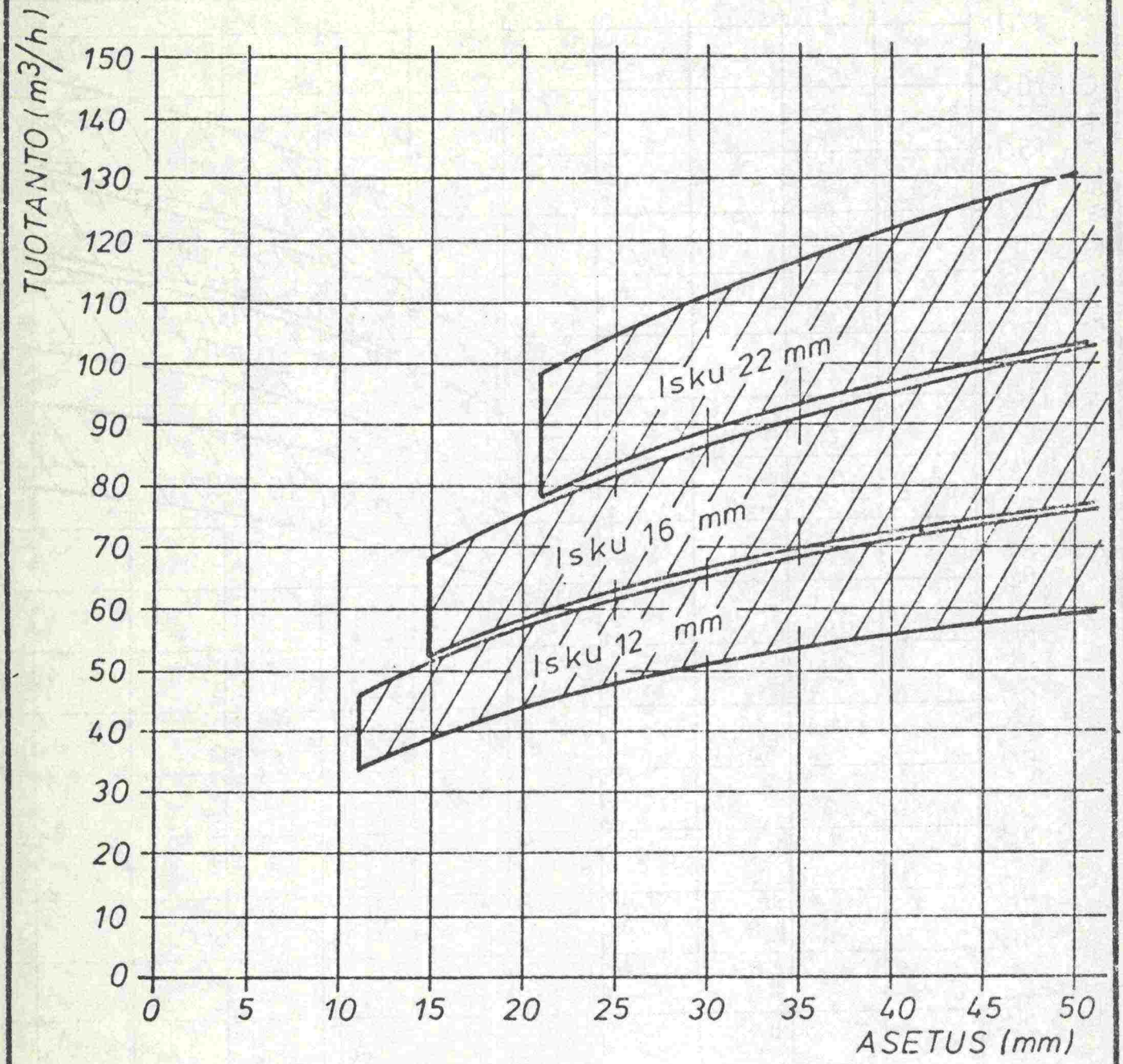
404339



Käyrästö esittää murskaimen tuotantokyvyn (kokonaisläpivirtauksen) täydellä syötöllä. Eräillä helposti murskautuvilla kivilajeilla saattaa tuotto olla 15 % suurempi kuin käyrästö näyttää.

KARAMURSKAIN LOKOMO G 1810
TUOTANTOKÄYRÄSTÖ

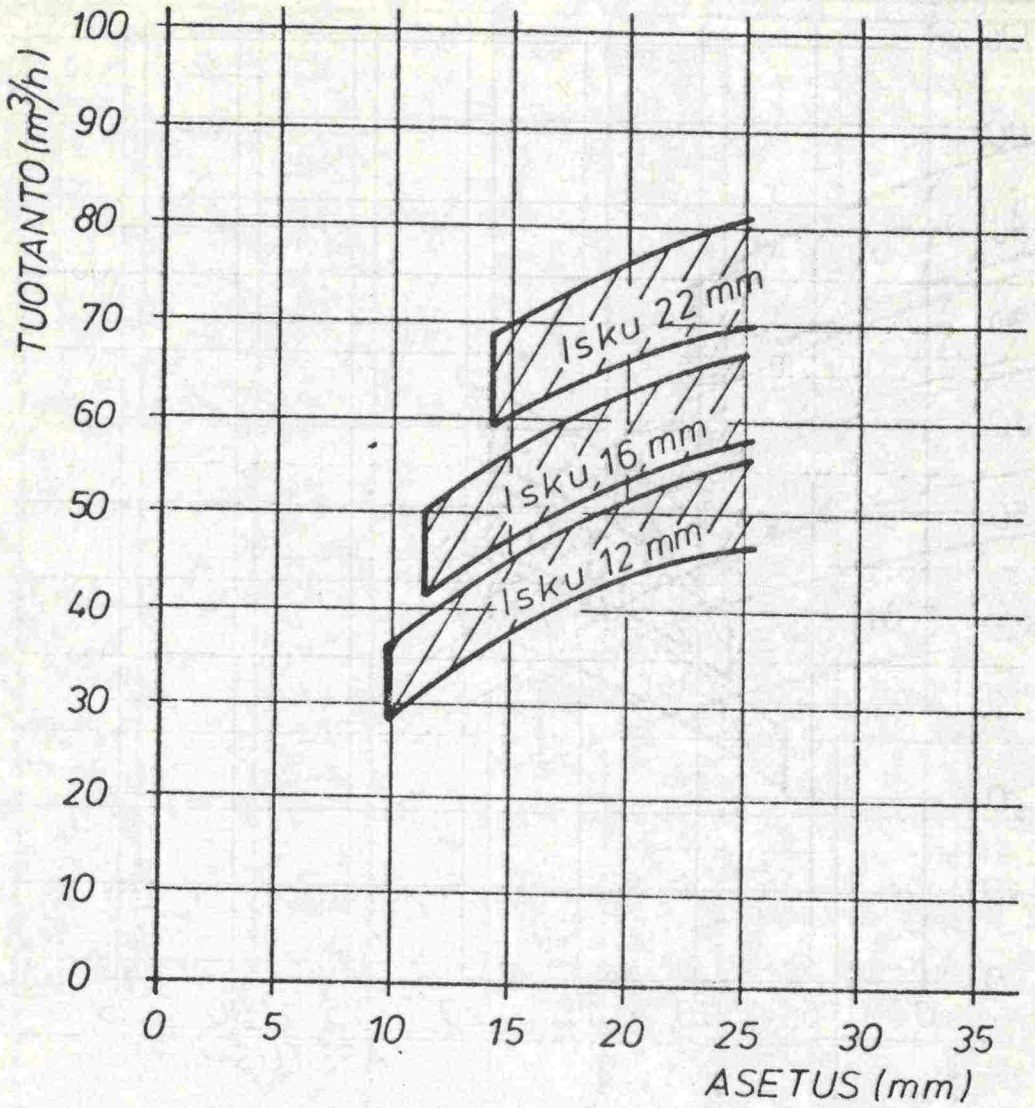
404338



Käyrästö esittää murskaimen tuotantokyvyn (kokonaisläpivirtauksen) täydellä syötöllä. Eräillä helposti murskautuvilla kivilajeilla saattaa tuotto olla 20% suurempi kuin käyrästö näyttää.

KARAMURSKAIN LOKOMO G 1010
TUOTANTOKÄYRÄSTÖ

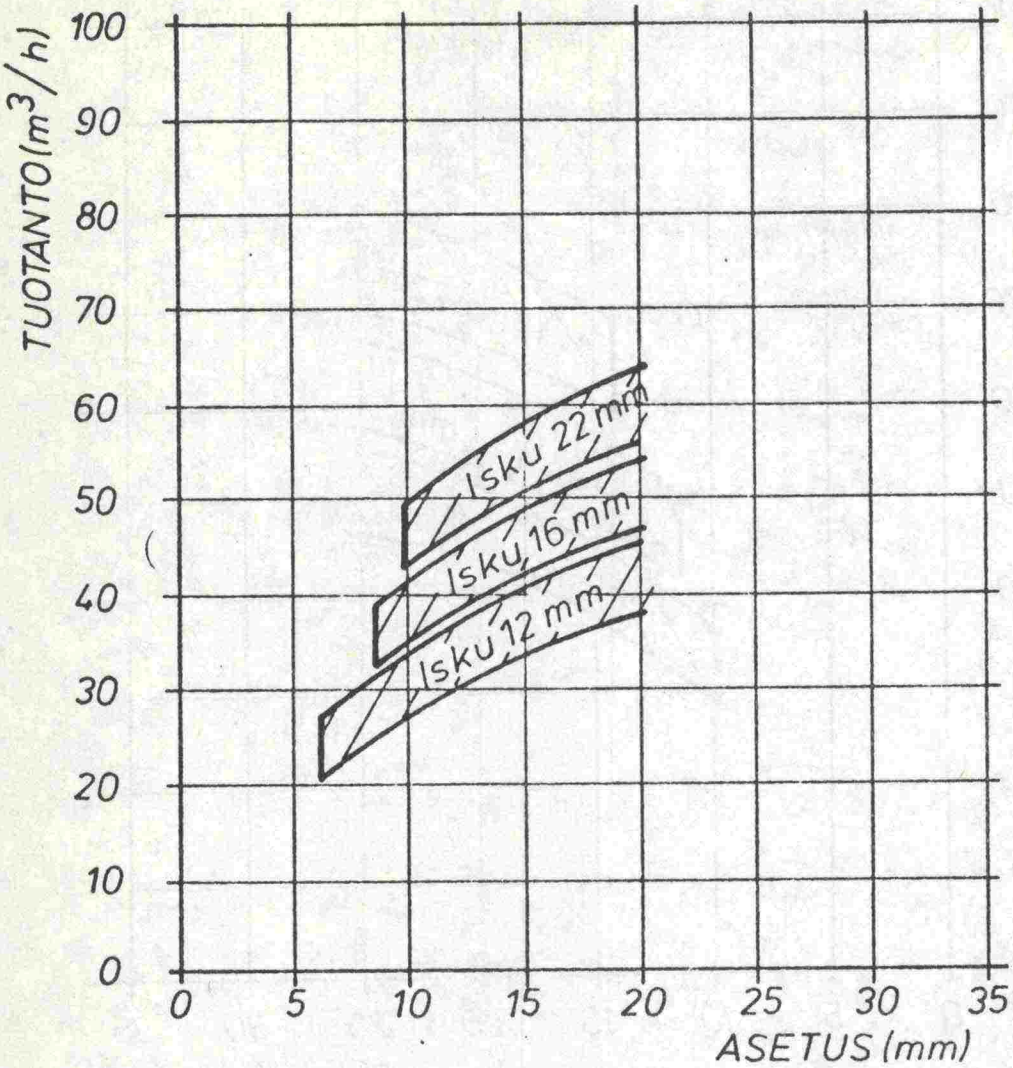
404880



Käyrästö esittää murskaimen tuotantokyvyn (kokonaisläpivirtauksen) täydellä syötöllä. Eräillä helposti murskautuvilla kivilajeilla saattaa tuotto olla 20 % suurempi kuin käyrästö näyttää.

KARAMURSKAIN LOKOMO G 610
TUOTANTOKÄYRÄSTÖ

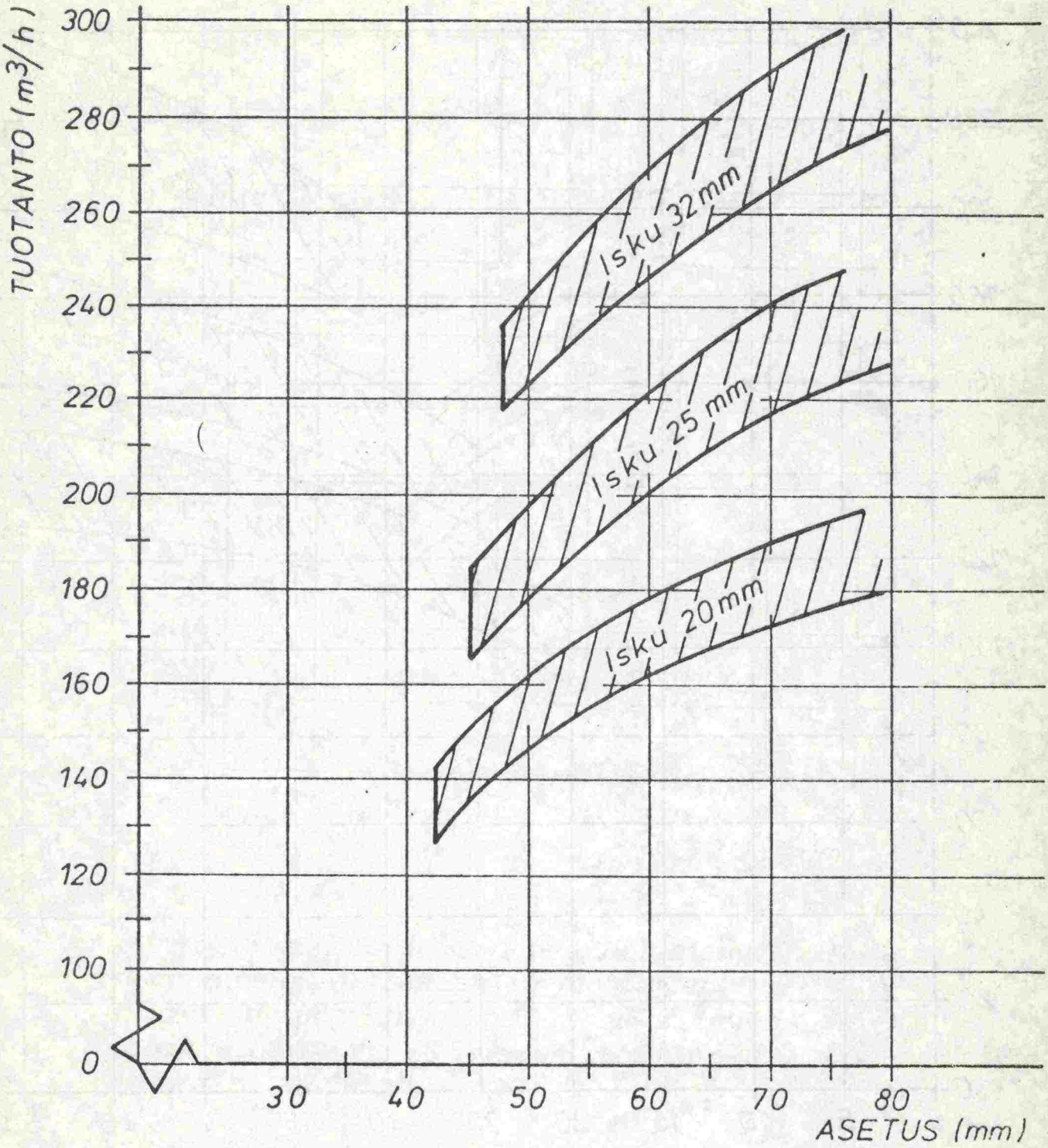
487051



Käyrästö esittää murskaimen tuotantokyvyn (kokonaisläpivirtauksen) täydellä syötöllä. Eräillä helposti murskautuvilla kivilajeilla saattaa tuotto olla 20% suurempi kuin käyrästö näyttää.

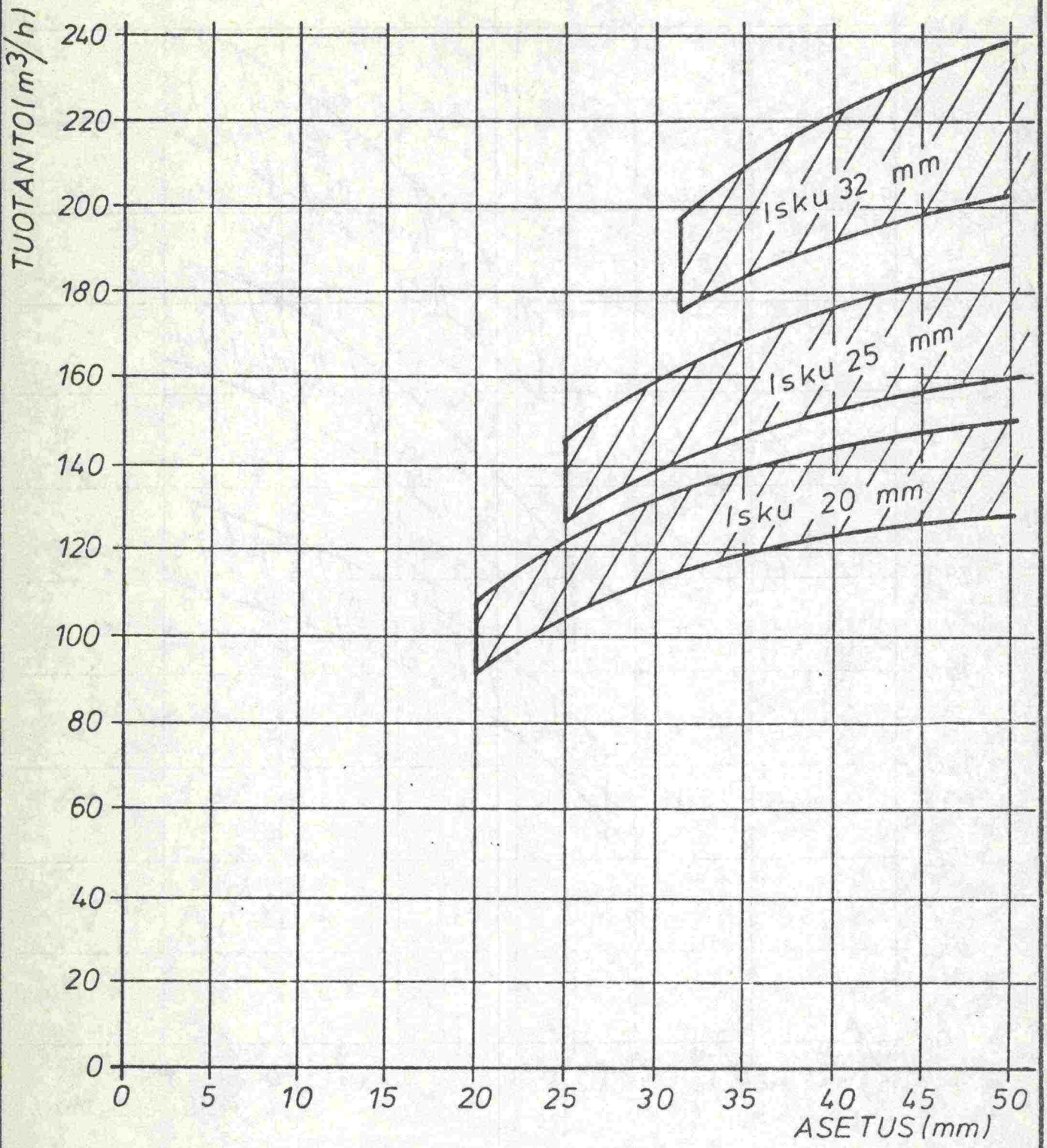
KARAMURSKAIN LOKOMO G4213
TUOTANTOKÄYRÄSTÖ

404588



KARAMURSKAIN LOKOMO G 2614
TUOTANTOKÄYRÄSTÖ

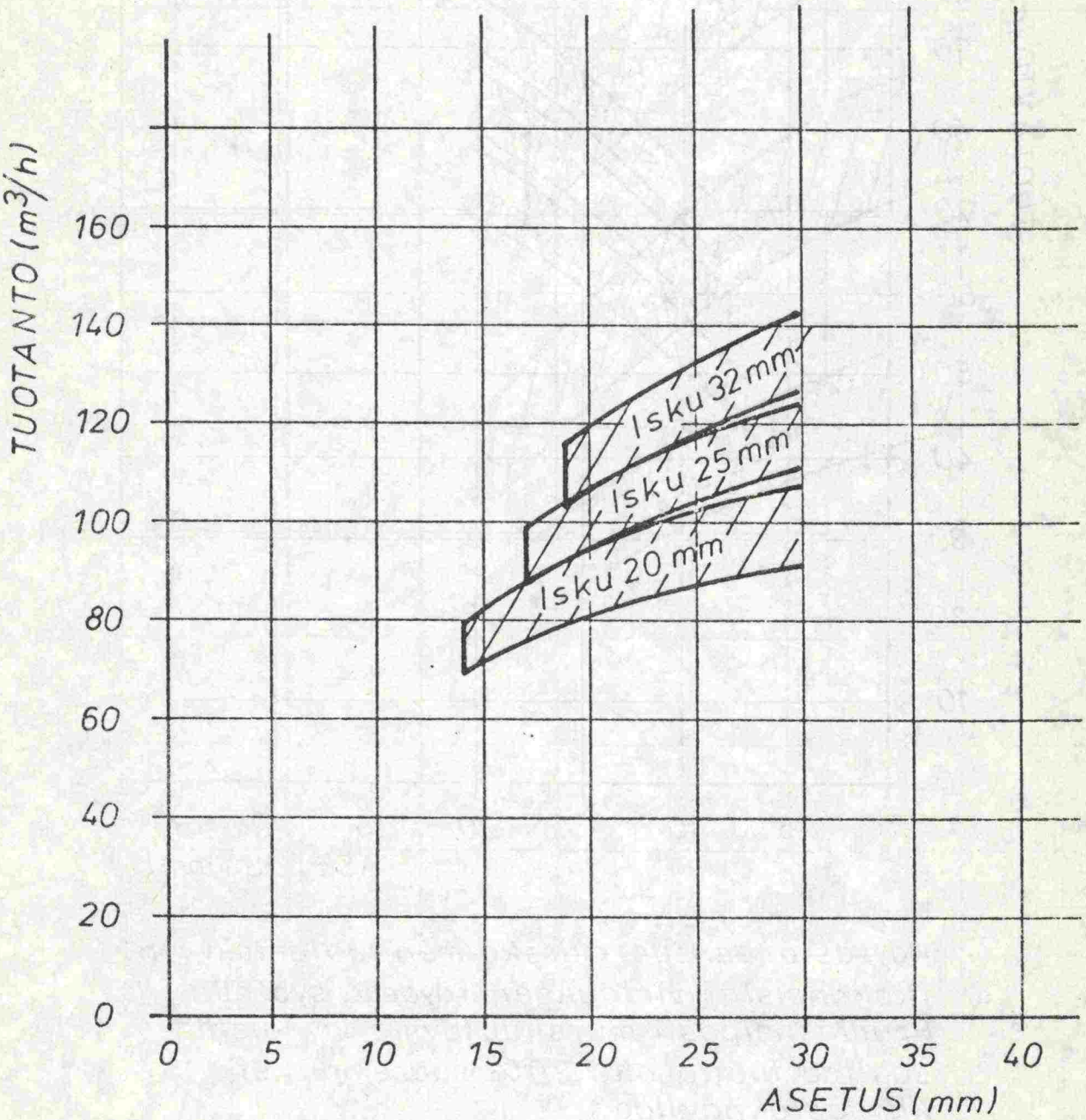
404 679



Käyrästö esittää murskaimen tuotantokyvyn (kokonaisläpivirtauksen) täydellä syötöllä. Eräillä helposti murskautuvilla kivilajeilla saattaa tuotto olla 20% suurempi kuin käyrästö näyttää.

KARAMURSKAIN LOKOMO G 1814 TUOTANTOKÄYRÄSTÖ

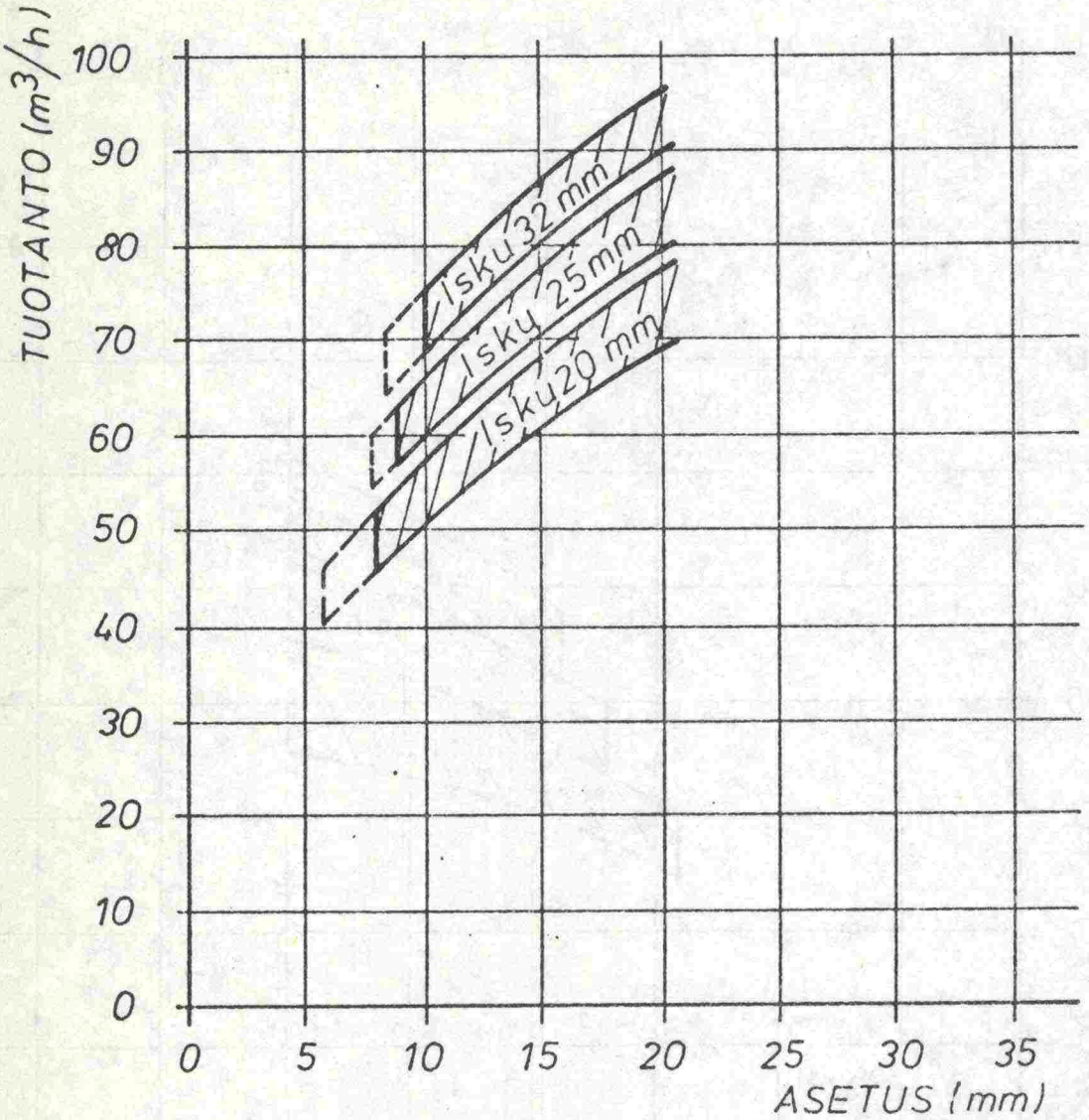
487058



Käyrästö esittää murskaimen tuotantokyvyn (kokonaisläpivirtauksen) täydellä syötöllä. Eräillä helposti murskautuvilla kivilajeilla saattaa tuotto olla 20 % suurempi kuin käyrästö näyttää.

KARAMURSKAIN LOKOMO G 1014 TUOTANTOKÄYRÄSTÖ

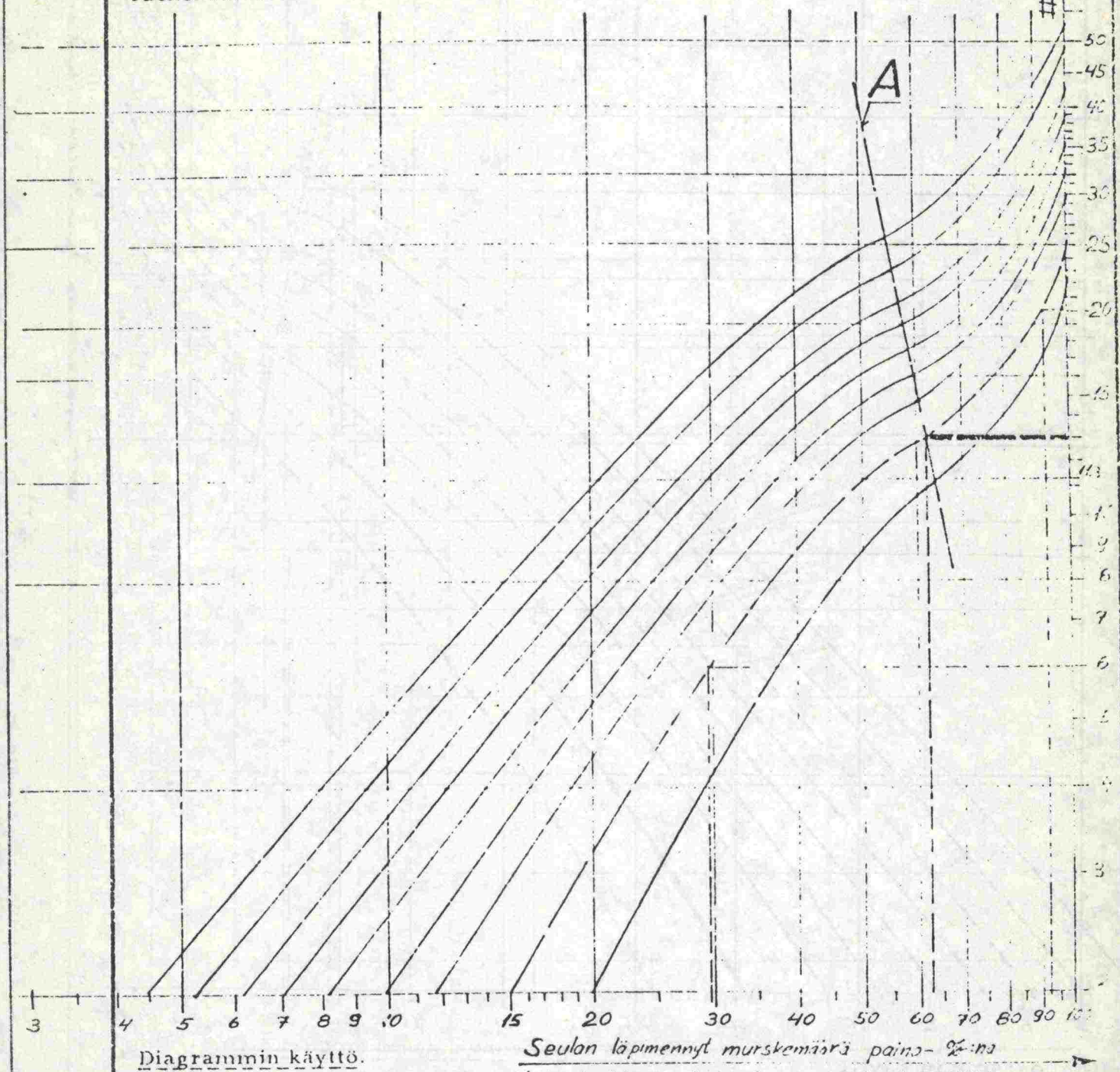
404879



Käyrästö esittää murskaimen tuotantokyvyn (kokonaisläpivirtauksen) täydellä syötöllä. Eräillä helposti murskautuvilla kivilajeilla saattaa tuotto olla 20% suurempi kuin käyrästö näyttää.

Murskeen rakeisuuden jakautuminen

Tutkimustemme mukaan karamurskain G 128 murskaama kiviaines (suomalainen graniitti) jakautuu likimain allaolevan diagrammin mukaisesti eri rackokoihin.



Diagrammin käyttö.

Piirretään murskaimen asetusta (pienin kita-aukon alapään rako iskuliikkeen aikana) vastaava vaakasuora viiva (paksu katkoviiva esimerkissä) oikeasta pystyasteikosta. Sen ja vinon katkoviivan A leikkauspisteestä piirretään diagrammin käyrien mukainen käyrä, joka esittää rakeisuuden jakautumisen k. o. asetuksella.

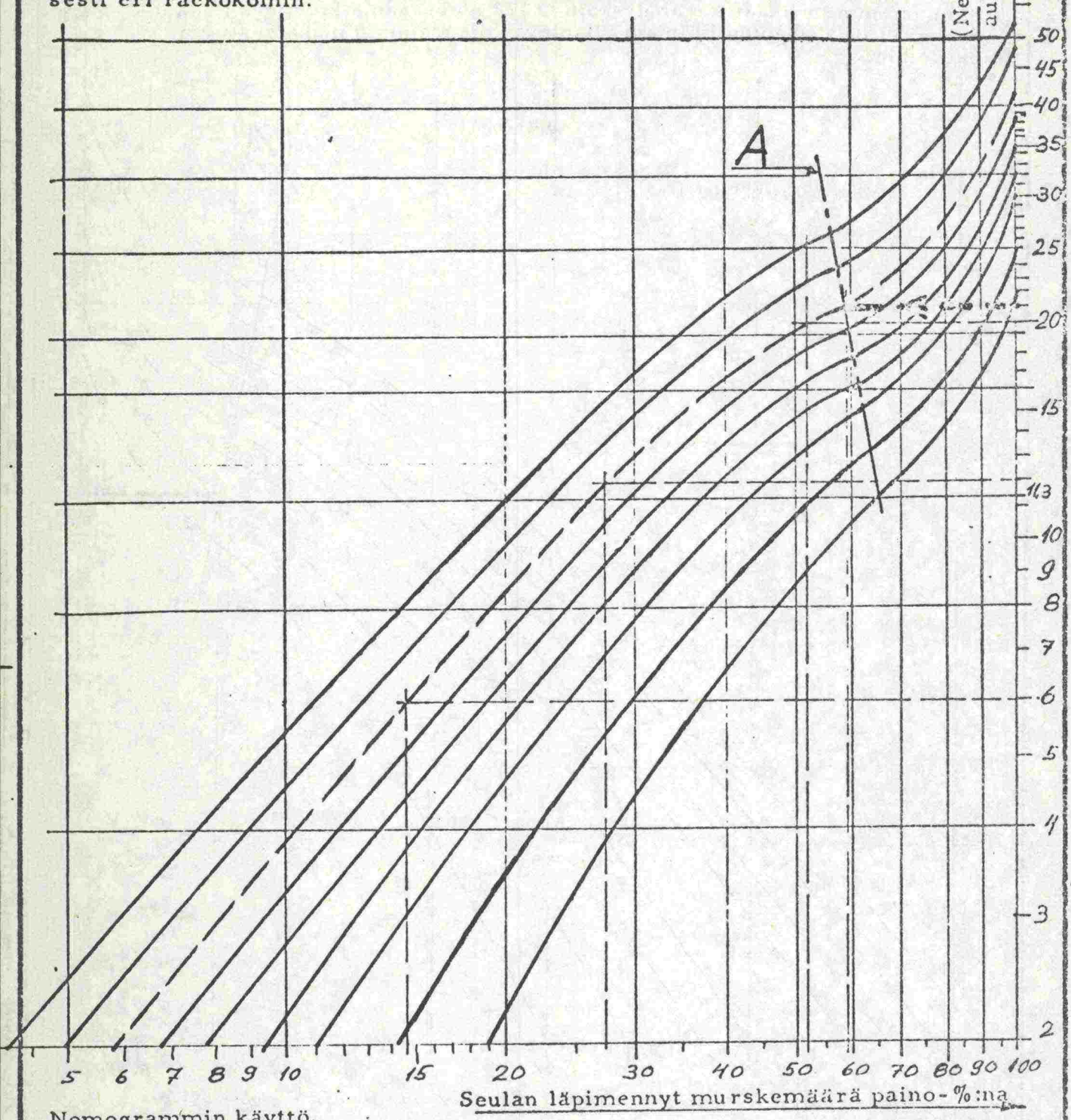
Esim. Murskaimen asetuksella 13 mm saadaan rakeisuus jakautumaksi

0 - 20 mm	= 92 %	edelleen	6 - 13 mm	= 33 %	(62 - 29)
0 - 13 mm	= 62 %		13 - 20 mm	= 30 %	(92 - 62)
0 - 6 mm	= 29 %		6 - 20 mm	= 63 %	(92 - 29)

LOKOMO Oy TAMPERE	Rakeisuuden jakautumiskäyrät Karamurskain G 128	463313

Murskeen rakeisuuden jakautuminen

Tutkimustemme mukaan karamurskain G 1810 iskuliikkeillä 12, 16, 22 ja 26 mm murskaama kiviaines (suomalainen graniitti) jakautuu likimain allaolevan nomogrammin mukaisesti eri rakokoihin.



Nomogrammin käyttö.

Piirretään murskaimen asetusta (pienin kita-aukon alapään rako iskuliikkeen aikana) vastaava vaakasuora viiva (paksu katkoviiva esimerkissä) oikeasta pystyasteikosta. Sen ja vinon katkoviivan A leikkauspisteestä piirretään nomogrammin käyrien mukainen käyrä, joka esittää rakeisuuden jakautumisen k. o. asetuksella.

Esim. Murskaimen asetuksella 21 mm saadaan rakeisuus jakautumaksi

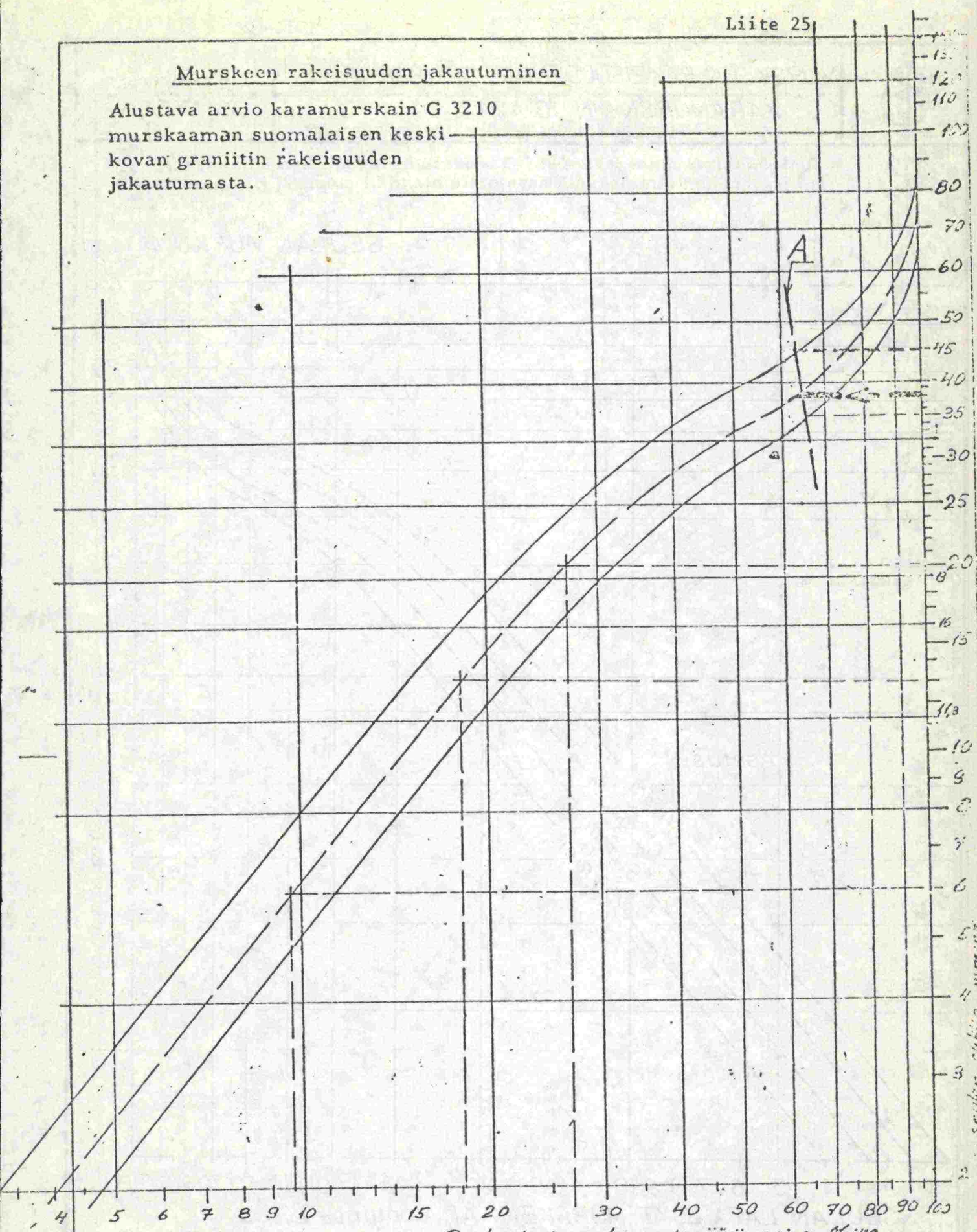
0 - 21 mm = 58 %
0 - 20 mm = 52 %
0 - 12 mm = 27 %
0 - 6 mm = 14 %

edelleen

6 - 13 mm = 13 % (27 - 14)
13 - 20 mm = 25 % (52 - 27)
6 - 20 mm = 38 % (52 - 14)

Murskeen rakeisuuden jakautuminen

Alustava arvio karamurskain G 3210 murskaaman suomalaisen keskikovan graniitin rakeisuuden jakautumasta.



Diagrammin käyttö

Piirretään murskaimen asetusta (pienin kita-aukon alapään rako iskuliikkeen aikana) vastaava vaakasuora viiva (paksu katkoviiva esimerkissä) oikeasta pystyasteikosta. Sen ja vinon katkoviivan A leikkauspisteestä piirretään diagrammin käyrien mukainen käyrä, joka esittää rakeisuuden jakautumisen k. o. asetuksella.

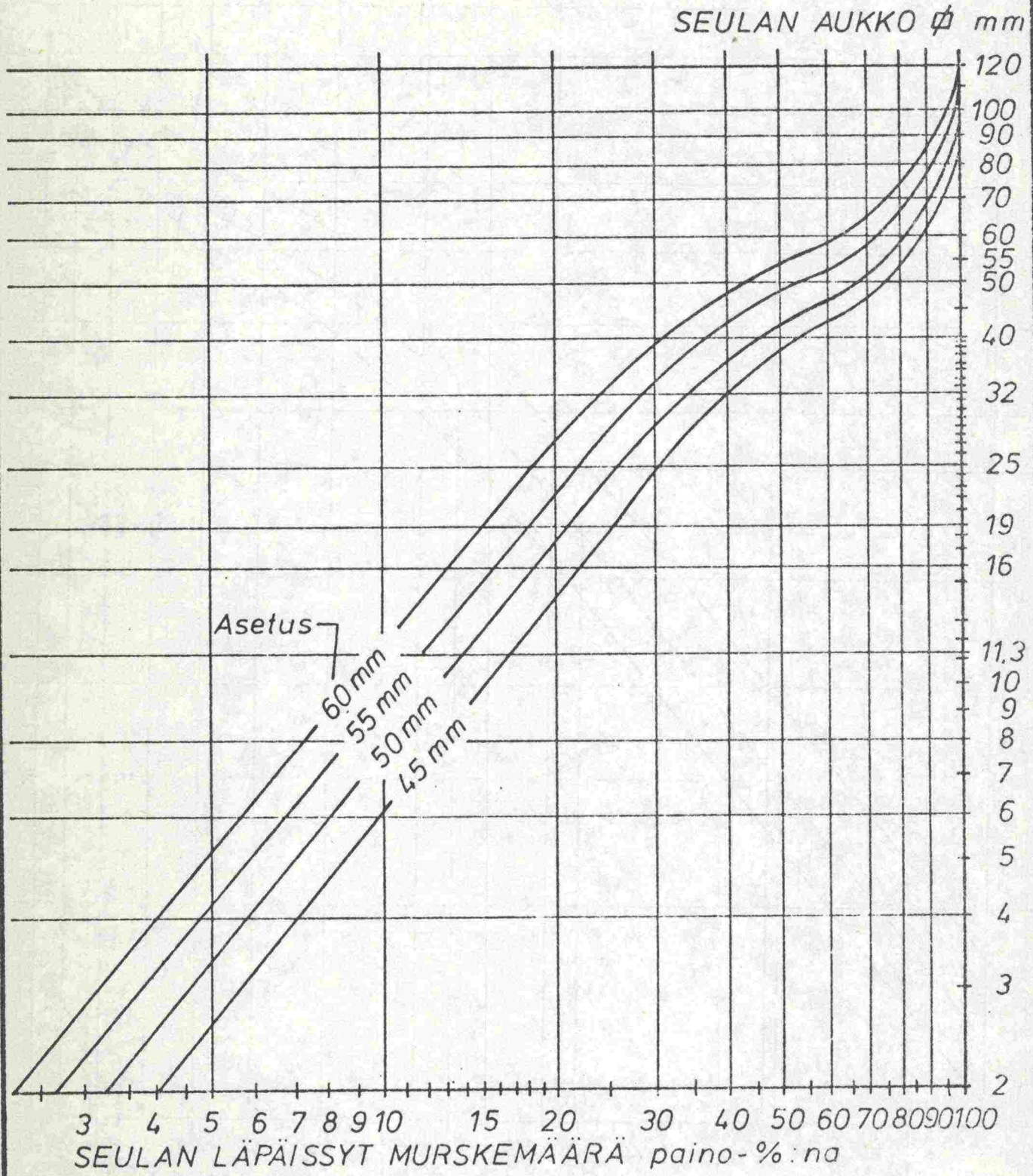
Esim. Murskaimen asetuksella 38 mm saadaan rakeisuus jakautumaksi

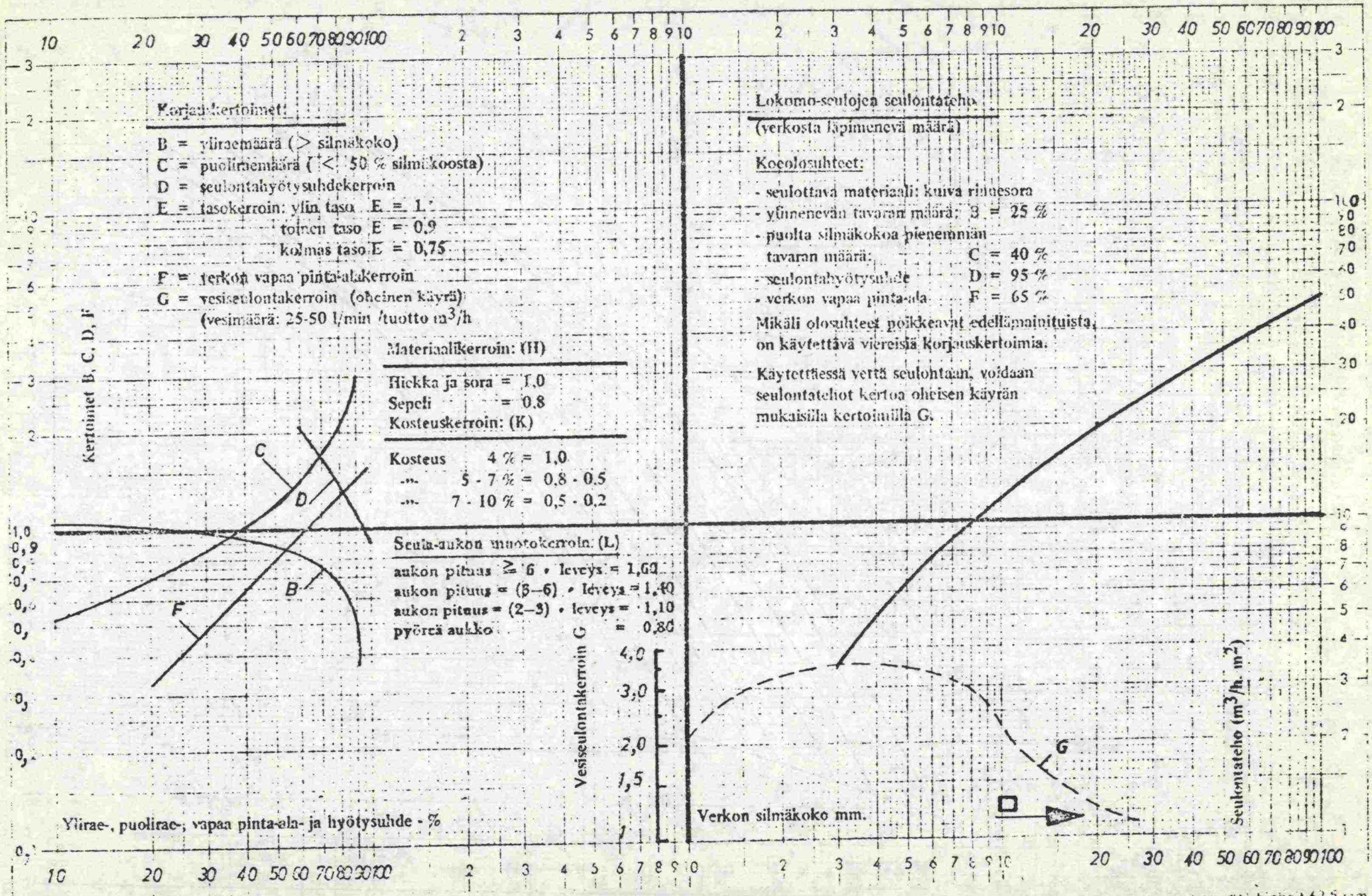
0 - 20 mm = 27 % 0 - 13 mm = 18 % 0 - 6 mm = 9,5 %

PV

MURSKEEN RAKEISUUDEN JAKAUTUMAKÄYRÄSTÖ
KARAMURSKAIN G 4213

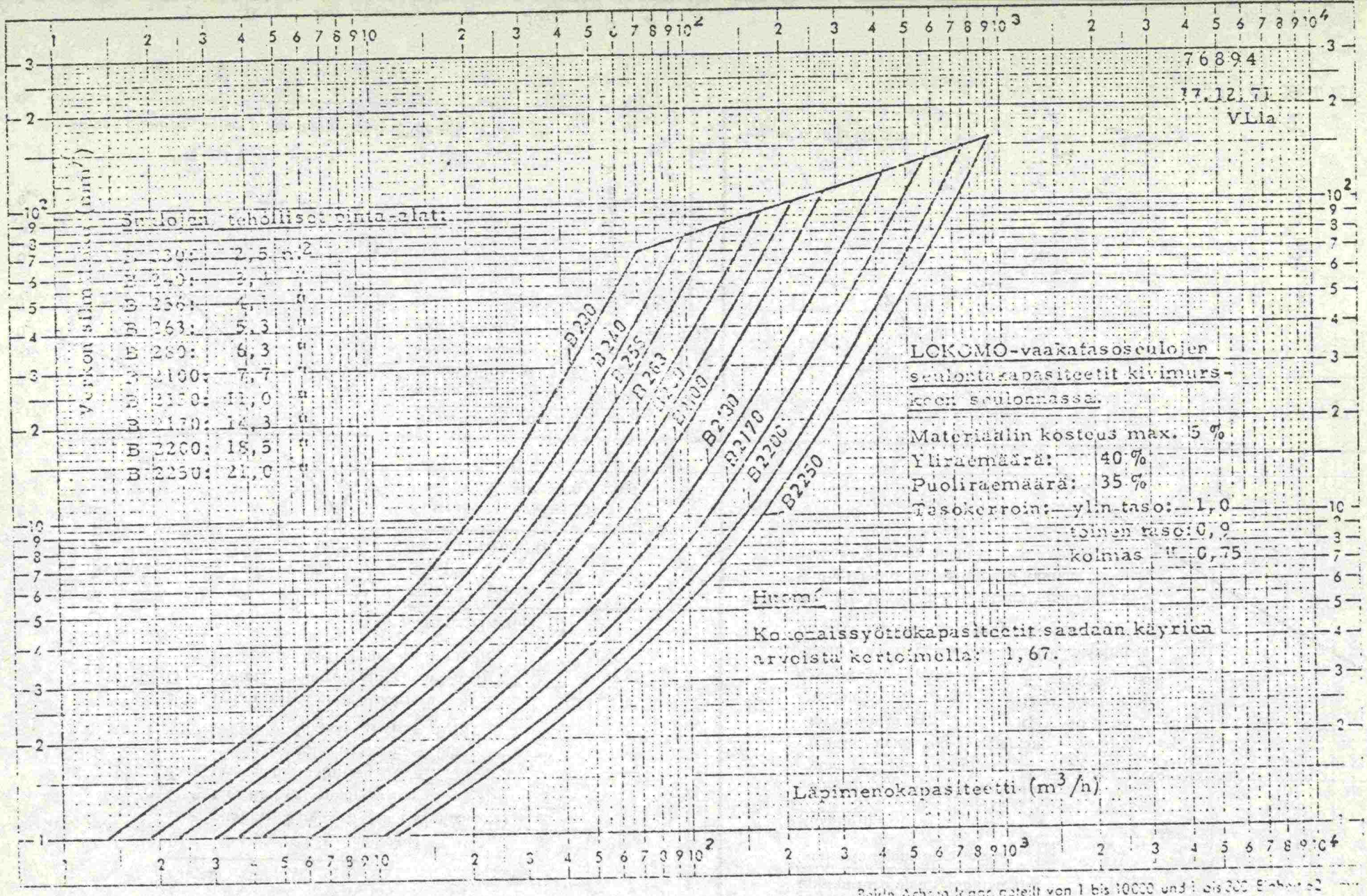
487099





Liite 27

56504


76894
17.12.71
VLla
Seulojen teholliset pinta-alat:
B 220: 2,5 m2
B 240: 3,
B 255: 4,
B 263: 5,3
B 280: 6,3
B 2100: 7,7
B 2130: 11,0
B 2170: 14,3
B 2200: 18,5
B 2250: 21,0
B220
B240
B255
B263
B280
B2100
B2130
B2170
B2200
B2250
LOKOMO-vaakatasoseulojen seulontakapasiteetit kivimurskeen seulonnassa.
Materiaalin kosteus max. 5 %
Yliraemäärä: 40 %
Puoliraemäärä: 35 %
Tasokerroin: ylin taso: 1,0
toinen taso: 0,9
kolmas " 0,75
Huom!
Kokonaissyöttökapasiteetit saadaan käyrien arvoista kertoimella: 1,67.
Läpimenokapasiteetti (m3/h)
Beide Achsen lagen geteilt von 1 bis 10000 und 1 bis 300 Einheiten
76894

LM 75 - murskauslaitoksen prosessilaskelmat

(Esimerkki tahdistuksesta)

A. Tuote: 0 - 18 mm

Oletetaan raakamateriaalin jakautumiskäyrä seuraavaksi:

Rackoko	Jakautuma, paino %
- 75 mm	75
- 60 "	70
- 50 "	65
- 35 "	57
- 18 "	45
- 12 "	38
- 6 "	25

1. Jälkimurskaamo

Kapasiteetti käyrästön mukaan:

G 1810 $a_{min} = 12$ mm

$K_2 = 40\ m^3/h$ (iskuliike i = 12 mm)

Tuotteen max.koko 23 mm, tuotteesta 90% alle 18 mm tavaraa.
Esimurskaamosta tuleva primäärikuorma voi olla siten:

$$K_{+18} = \frac{K_2}{p} = \frac{40}{1,118}\ m^3/h = 34\ m^3/h$$

kiertokuormakerroin p = 1,118, seulan hyötysuhde y = 0,95

2. Esimurskaamo

K 75 B Oletetaan $a_{min} = 50$ mm

Esimurskatussa tuotteessa on valmista alle 18 mm:n tuotetta 25%.

$K_{+18} = [0,75 \times 0,35 + (0,65 - 0,45)]\ K_1$ (Hienon aineksen poisto: oletetaan $K_1''' = 0$)

$= (0,262 + 0,20)\ K_1$

$= 0,462 \times K_1 = 34\ m^3/h$

$K_1 = \frac{34}{0,462}\ m^3/h \approx 74\ m^3/h$

Esimurskaimeen menevä osuus on siten:

$K_{+50} = 0,35 \times 74\ m^3/h \approx 26\ m^3/h$

Esimurskaimen sopiva asetus on likimäärin $a_{min} = 50$ mm, jolloin sen kapasiteetti on n. 30 m^3/h ja murskaimet ovat tahdistettuja tällä materiaalilla. Kokonaiskapasiteetti on n. 74 m^3/h.

B. Tuote: 0 - 35 mm

1. Jälkimurskaamo

G 1810 $a_{min} = 20$ mm (i = 12 mm)

$K_2 = 48\ m^3/h$

Tuotteen max.koko 38-40 mm, tuotteessa 96% alle 35 mm:n tavaraa. Esimurskaamosta tuleva primäärikuorma voi olla siten:

$K_{+35} = \frac{48}{1,06}\ m^3/h = 45\ m^3/h$

2. Esimurskaamo

K 75 B- Oletetaan $a_{min} = 60$ mm

Esimurskatussa tuotteessa on valmista alle 35 mm:n tuotetta 40%.

$K_{+35} = [0,60 \times 0,30 + (0,70 - 0,57)] \times K_1$

$= (0,180 + 0,13) \times K_1 = 0,31 \times K_1 = 45\ m^3/h$

$K_1 = \frac{45}{0,31}\ m^3/h = 145\ m^3/h$

Esimurskaimeen menevä osuus on siten:

$K_{+80} = 0,30 \times 145\ m^3/h = 44\ m^3/h$

Esimurskaimen K 75 B asetukseksi riittää 75 mm, jolloin saadaan:

$a_{min} = 75$ mm

Esimurskatussa tuotteessa on valmista alle 35 mm:n tuotetta 33%.

$$K_{+35} = [0,67 \times 0,25 + (0,75 - 0,57)]\ K_1$$

$$= (0,167 + 0,180) \times K_1 = 0,347 \times K_1 = 45\ m^3/h$$

$$K_1 = \frac{45}{0,347}\ m^3/h = 130\ m^3/h$$

Esimurskaimeen menevä osuus on siten:

$$K_{+75} = 0,25 \times 130\ m^3/h \approx 32,5\ m^3/h$$

Esimurskaimen sopiva asetus a_{min} = n. 70 mm, jolloin sen kapasiteetti 40 m^3/h, ja murskaimet ovat tahdistettuja tällä materiaalilla. Kokonaiskapasiteetti laitoksella on n. 140 m^3/h.

C. Tuote 0 - 12 mm

1. Jälkimurskaamo

G 1810 a_{min} = 12 mm (i = 12 mm)

K_2 = 40 m^3/h

Tuotteen max.koko n. 23 mm ja tuotteessa n. 70% alle 12 mm:n tuotetta.

Esimurskaamosta tuleva primäärikuorma voi olla:

$$K_{+12} = \frac{40}{1,463}\ m^3/h = \underline{27,3\ m^3/h}$$

2. Esimurskaamo

K 75 B Oletetaan a_{min} = 50 mm (pienin mahdollinen)

Esimurskatussa tuotteessa on 18% valmista alle 12 mm:n tuotetta ja raakamateriaalissa 38% (65% alle 50 mm:n).

$$K_{+12} = [0,82 \times 0,35 + (0,65 - 0,38)] \times K_1$$

$$= (0,287 + 0,270) \times K_1 = \underline{27,3\ m^3/h}$$

$$K_1 = \frac{27,3}{0,557}\ m^3/h \approx 50\ m^3/h$$

Esimurskaimeen menevä osuus on:

$$K_{+50} = 0,35 \times 50\ m^3/h = 17,5\ m^3/h$$

Esimurskain ei tule täyteen kuormitettua ko. materiaalilla (kivisemmällä kylläkin).

Laitoksen kokonaiskapasiteetti on siten 50 m^3/h.

Edellä luetellut kapasiteetit voidaan saavuttaa, jos laitoksen seula, syöttimet ja kuljettimet pystyvät käsittelemään materiaalit. Vaikeimman tehtävän eteen seula joutuu viimeksi tarkastellun hienoimman lajikkeen kanssa, koska siinä silmäkoko on pienin ja kiertokuorma suurin. Toisaalta kuitenkin kokonaissyöttömäärä seulalle on pienempi, mikä helpottaa jonkin verran seulan toimintaa.

Seuraavassa seulan teoreettiset laskelmat tapauksessa C (käyrästö 56504):

Kokonaissyöttömäärä seulalle:

$$K_s = K_1 + 1{,}463 \times K_2 = 50 + 1{,}463 \times 40\ m^3/h \approx \underline{108\ m^3/h}$$

Läpimenevä määrä: (vain yksi taso, silmäkoko 14 mm ⌗)

$$K_{-12} = \underline{50\ m^3/h}$$

$$K_{-6} = (0{,}25 + 0{,}35 \times 0{,}095)\ 50\ m^3/h + 40 \times 0{,}37\ m^3/h$$

$$= 0{,}58 \times 50 + 0{,}37 \times 40\ m^3/h$$

$$= \underline{43{,}5\ m^3/h}$$

$A = 15\ m^3/h \cdot m^2$

$B = 0{,}90$ (55%)

$C = 1{,}0$ (40%)

$K = 0{,}8$ (kost. 5%)

Hor. seula kerr. 1,25

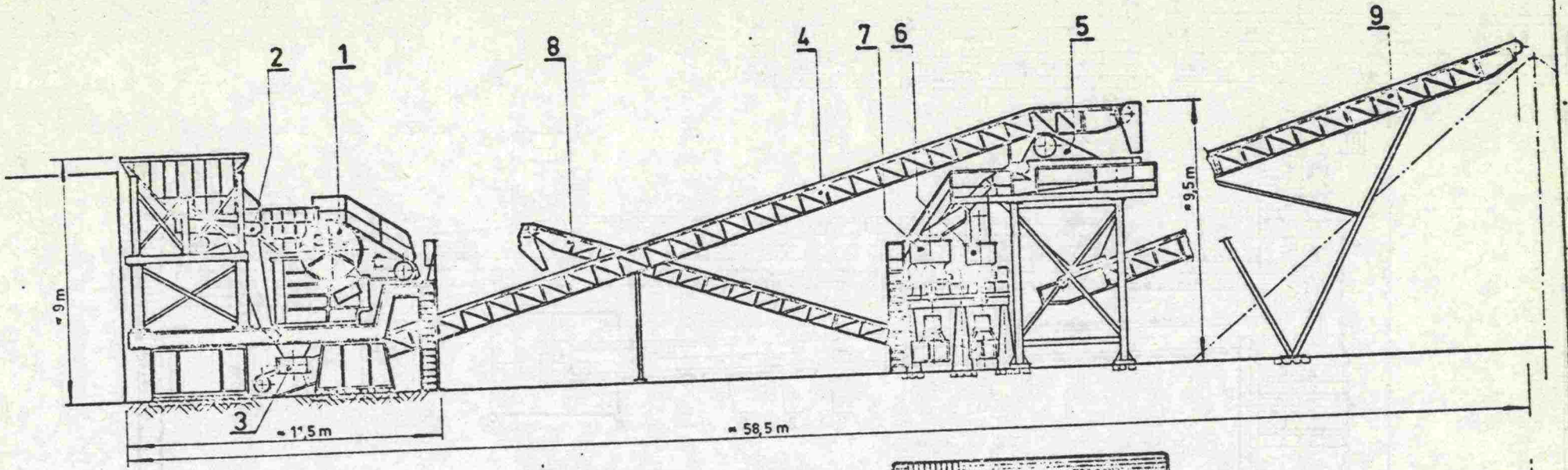
Tarpeellinen tehollinen seulontapinta-ala:

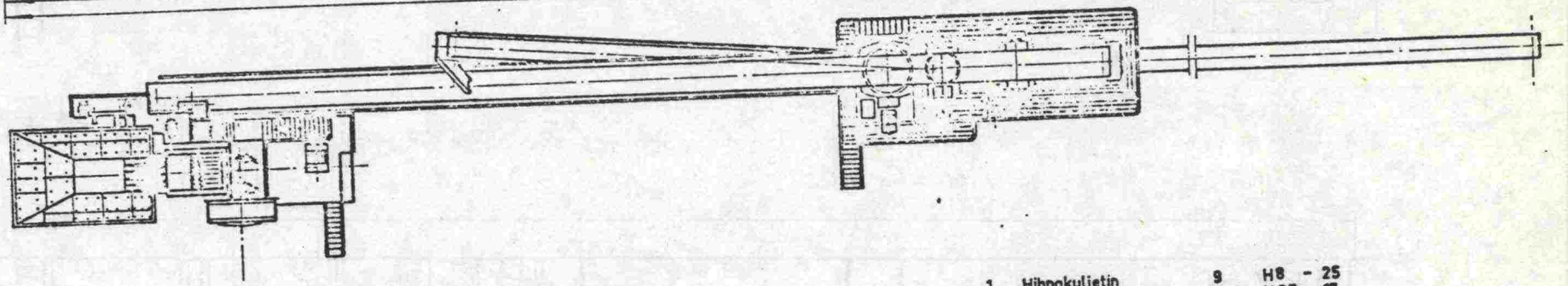
$$A_{tarp} = \frac{50}{1{,}25 \times 15 \times 0{,}90 \times 1{,}0 \times 0{,}80}\ m^2$$

$$= \underline{3{,}80\ m^2}$$

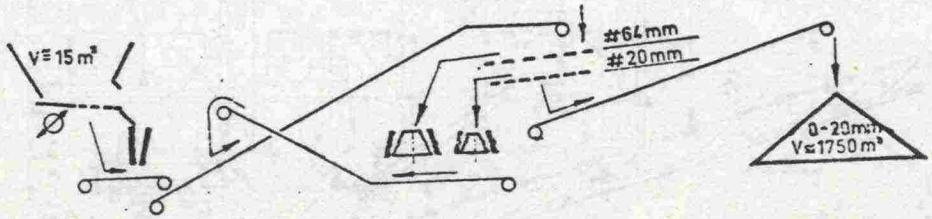
B 263 seula riittää tarkoitukseen ($A_{teholl} = 5{,}3\ m^2$).

Toisen suurempisilmäisen tason käyttö ylätasona helpottaisi alemman tason työskentelyä (kertoimet B ja C tulevat edullisemmiksi, vaikka tasokerroin E = 0,9) ja seulatasojen kestoiät pitenisivät.





Kpl	Nimitys	Osa	Tyyppi
1	Hihnakuljetin	9	H8 - 25
1	Hihnakuljetin	8	H6,5 - 17
1	Karamurskain	7	G 1810
1	Karamurskain	6	G 128
1	Vaakatasoseula	5	B 260
1	Hihnakuljetin	4	H 10 - 33
1	Hihnakuljetin	3	H 10 - 3
1	Vaakatasosyötin	2	B 120×320
1	Kiertomurskain	1	MK 120 D

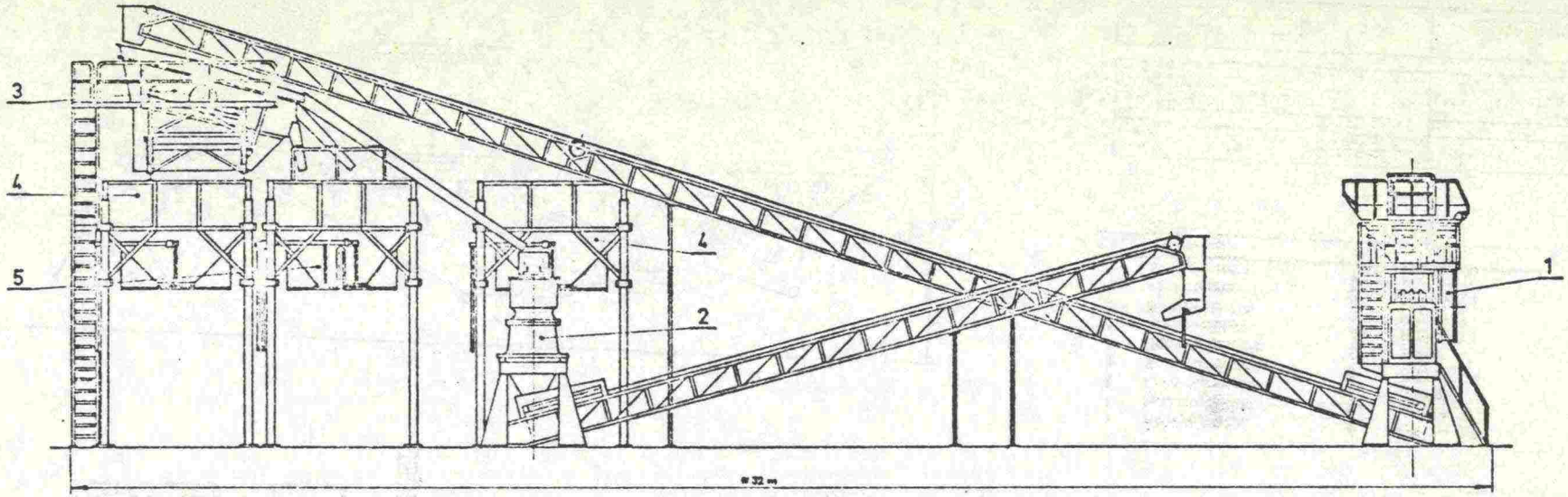


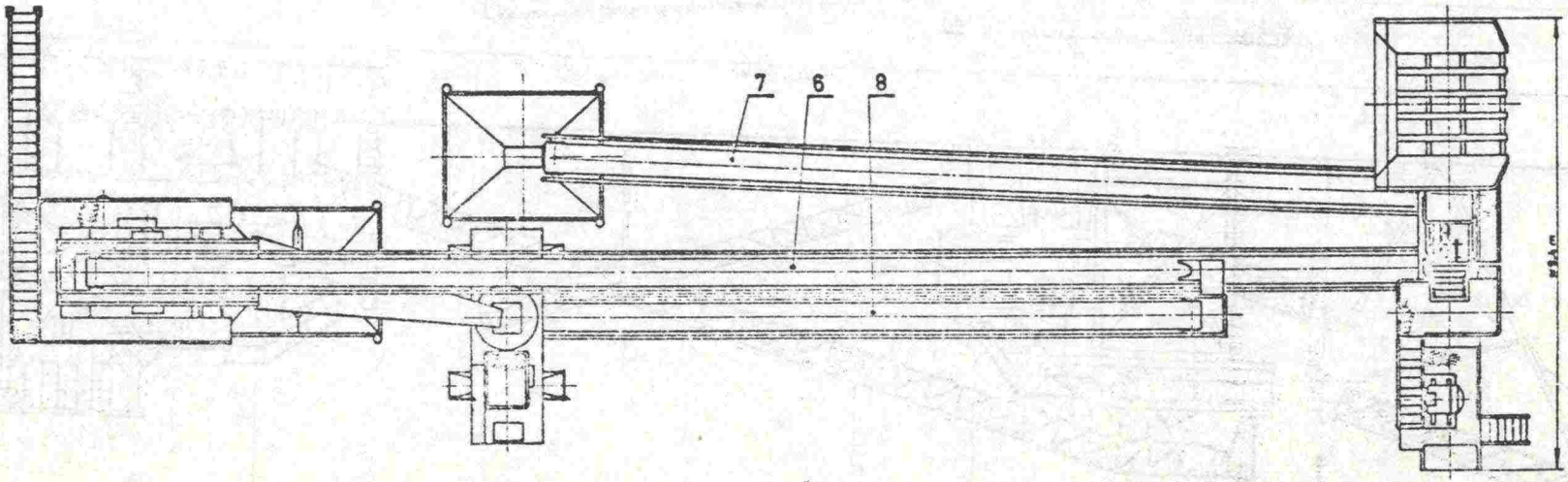
VIRTAUSKAAVIO

1:100			LOKOMO Oy Tampere
			56899
			MALMIN MURSKAAMO

Liite 30

56899





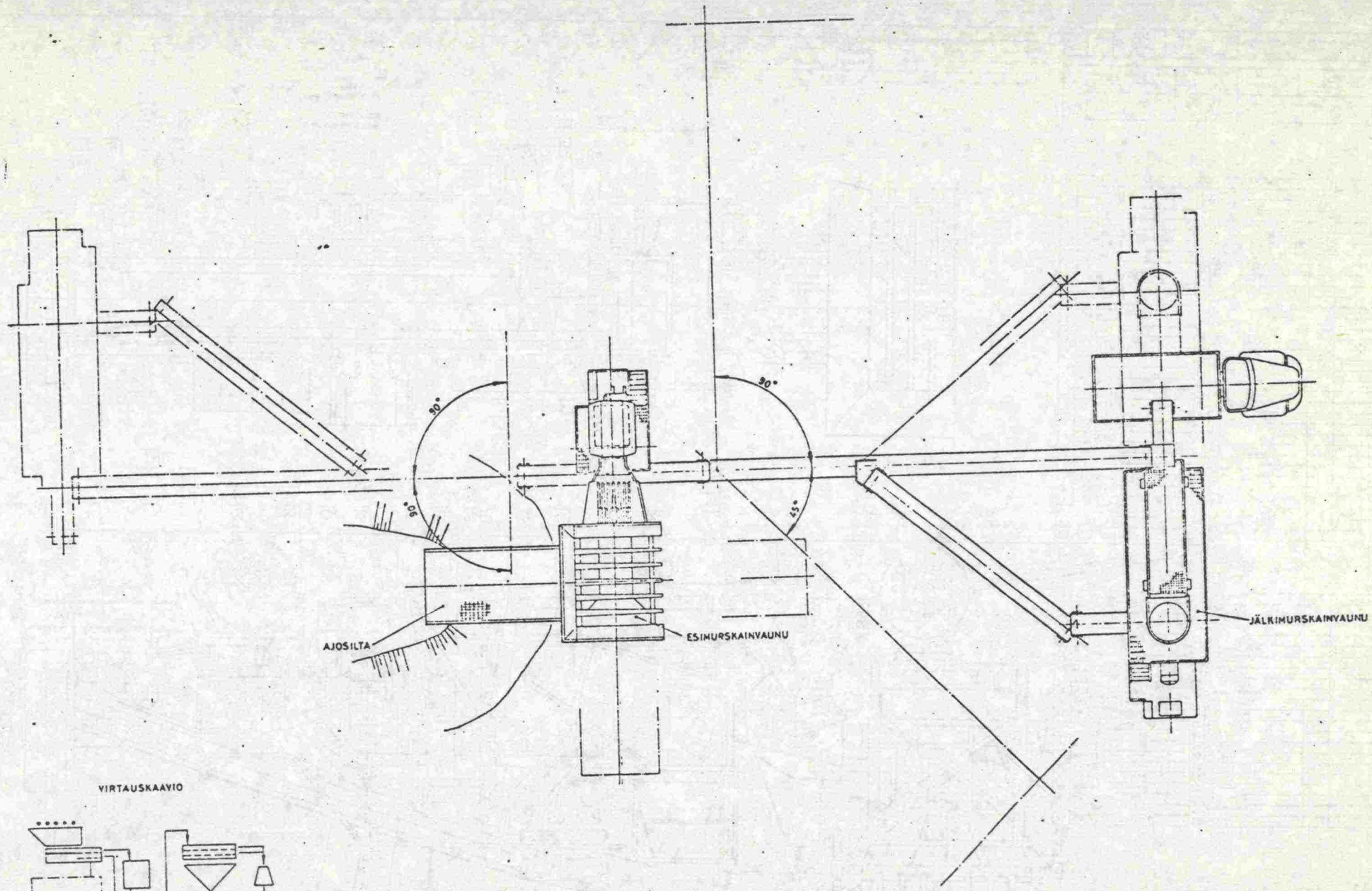
1	H6-15	8	Hihnakuljetin
1	H6-20	7	—"—
1	H6-30	6	Hihnakuljetin
1	S205	5	Silta
2	S140	4	Silta
1	T350	3	Tornilaitin
1	GE 128	2	Jalkamurskaamo
1	MTV 63	1	Esimurskaamo
Kpl	Osanimi	Osa	Nimitys

1:50 — 31.03.95 — LOKOMO Oy — 56943

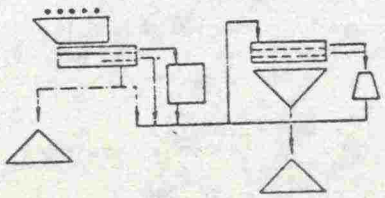
Murskaus- ja lajittelulaitos

56943

Liite 31

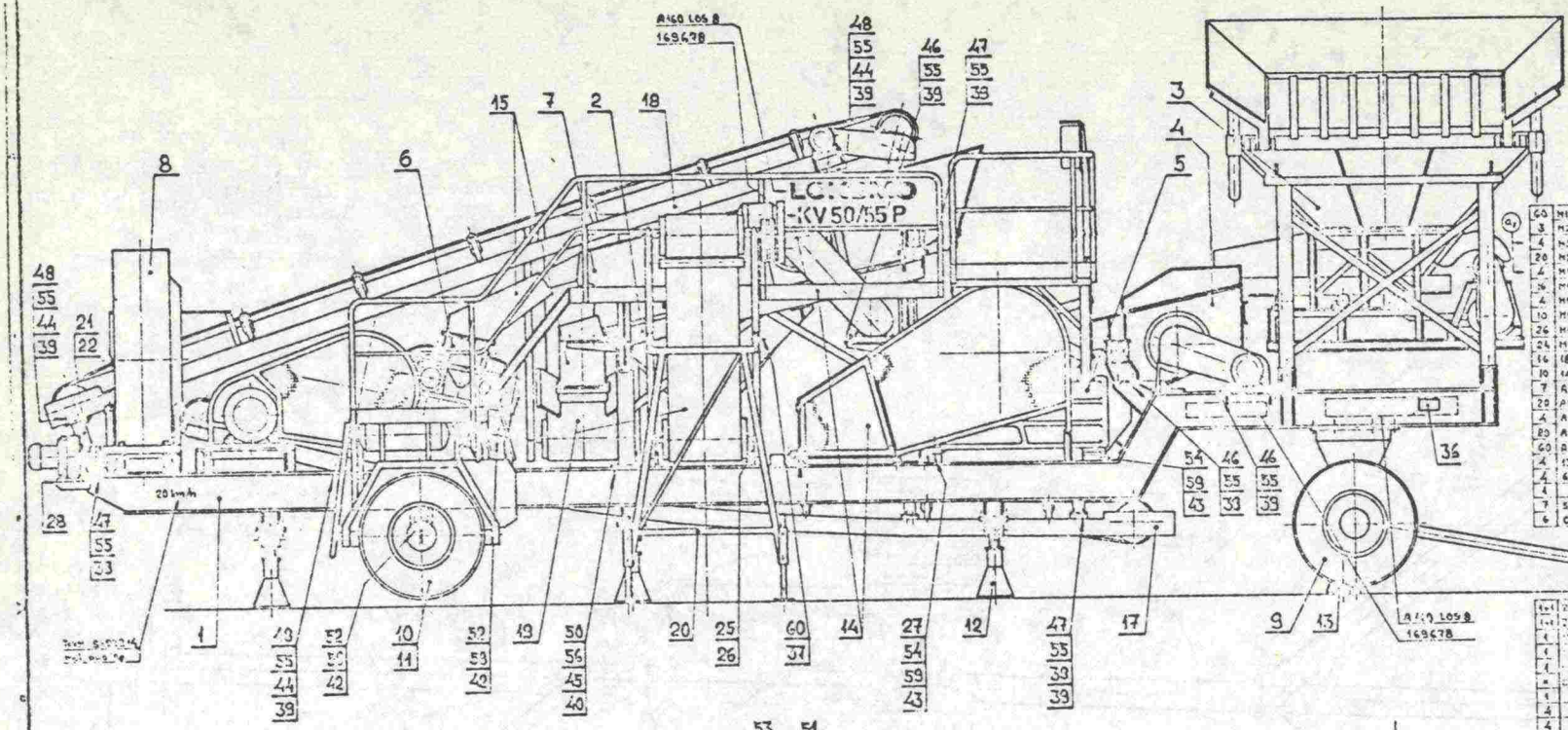


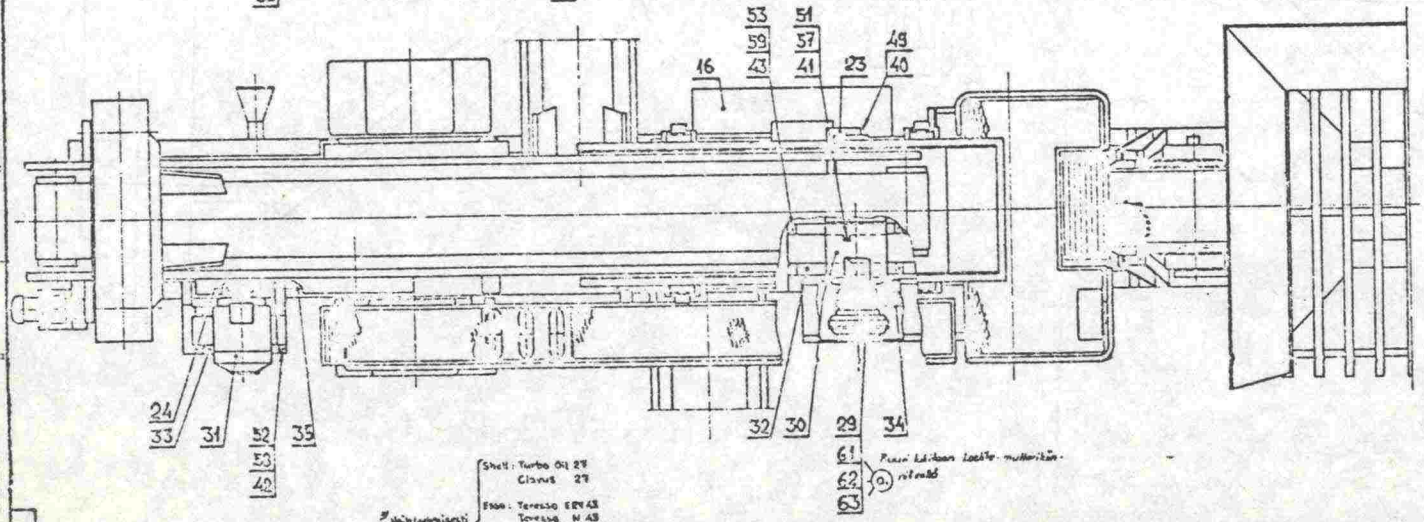
VIRTAUSKAAVIO



Liite 32

1:100		1972 10 28 Barrell	720 108
			KUNNOSSAPITOMURSKAAMO HL 7





4	25-14x50-42 DIN 1435	60	Kiilatappi		
7	M24 DIN 934-65	59	Mutteri		
20	M20 –"–	58	–"–		
4	M18 –"–	57	–"–		
16	M16 DIN 934-65	56	Mutteri		

Paras käyttää Loctite-mutterikiristettä

*Vaihtoehtoisesti

Shell: Turbo Oil 27
Clavus 27

Esso: Teresso ER 43
Teresso N 43
Teresso 43

Mobil: Mobil Fluid 420

BP: Energol HL 65

60	M12 DIN 934-65	55	Mutteri		
3	M24x120 DIN 931-86	54	Kuusioruuvi		
4	M24x30 60 –"–	53	–"–		
20	M20x55 –"–	52	–"–		
4	M18x45 55 –"–	51	–"–		
16	M16x55 –"–	50	–"–		
4	M16x25 –"–	49	–"–		
10	M12x40 –"–	48	–"–		
26	M12x35 –"–	47	–"–		
24	M12x30 DIN 931-86	46	Kuusioruuvi		
16	18 DIN 435	45	I-aluslaatta		
10	14 DIN 434	44	U-aluslaatta		
7	A24 DIN 127	43	Jousialuslaatta		
20	A20 –"–	42	–"–		
4	A18 –"–	41	–"–		
20	A16 –"–	40	–"–		
60	A12 DIN 127	39	Jousialuslaatta		
4	13 DIN 125	38	Aluslaatta		
4	6x40 DIN 94	37	Sokka		
4	93787	36	[illegible]		
7	SV W=1400	35	[illegible]hihna		
6	C W=1185	34	Kiilahihna		

1+1	[illegible]	33	[illegible]		
1+1	[illegible]	32	[illegible]		
1	[illegible]	31	[illegible]		[illegible]
1	[illegible]	30	[illegible]		[illegible]
1	[illegible]	29	[illegible]		[illegible]
1	[illegible]	28	[illegible]		
1	[illegible]	27	[illegible]		
4	[illegible]	26	[illegible]		
4	[illegible]	25	[illegible]		
1	[illegible]	24	[illegible]		
1	204[illegible]3	23	Kuljettimen [illegible]		
1	304454-B	22	–"–		
1	304454-A	21	–"–		
2	[illegible]	20	Kuljettimen [illegible]		
2	[illegible]	19	[illegible] HS-5	410	
1	[illegible]	18	–"– HS-7	310	
1	[illegible]	17	[illegible] HS-8	890	
1	165161	16	[illegible]		
1	[illegible]	15	[illegible]		
1	[illegible]	14	[illegible]		
2	[illegible]	13	[illegible]		
6	[illegible]	12	[illegible]		
1	[illegible]	11	[illegible]		
1	[illegible]	10	[illegible]		
1	[illegible]33-B	9	[illegible]		
1	[illegible]	8	[illegible]	510	
1	[illegible]	7	[illegible] A275K	[illegible]	
1	[illegible]	6	[illegible]	[illegible]	
1	[illegible]	5	[illegible] K473	[illegible]	
1	[illegible]	4	[illegible] A63	530	
1	[illegible]	3	[illegible]	2700	
1	[illegible]	2	[illegible]	[illegible]	
1	55474	1	Runko	[illegible]	
Kpl	Osanumero	Os	Nimitys	[illegible]	Huom.

Liite 33

	Shell Tegula Oil 27 [illegible]	3	Hydrauliikkaöljy		
1	563445	2	Alusta	81	
1	41727	1	[illegible]	86	
Kpl	Osanumero	Os	Nimitys	[illegible]	Huom

1:20

LOKOMO Oy
Tampere

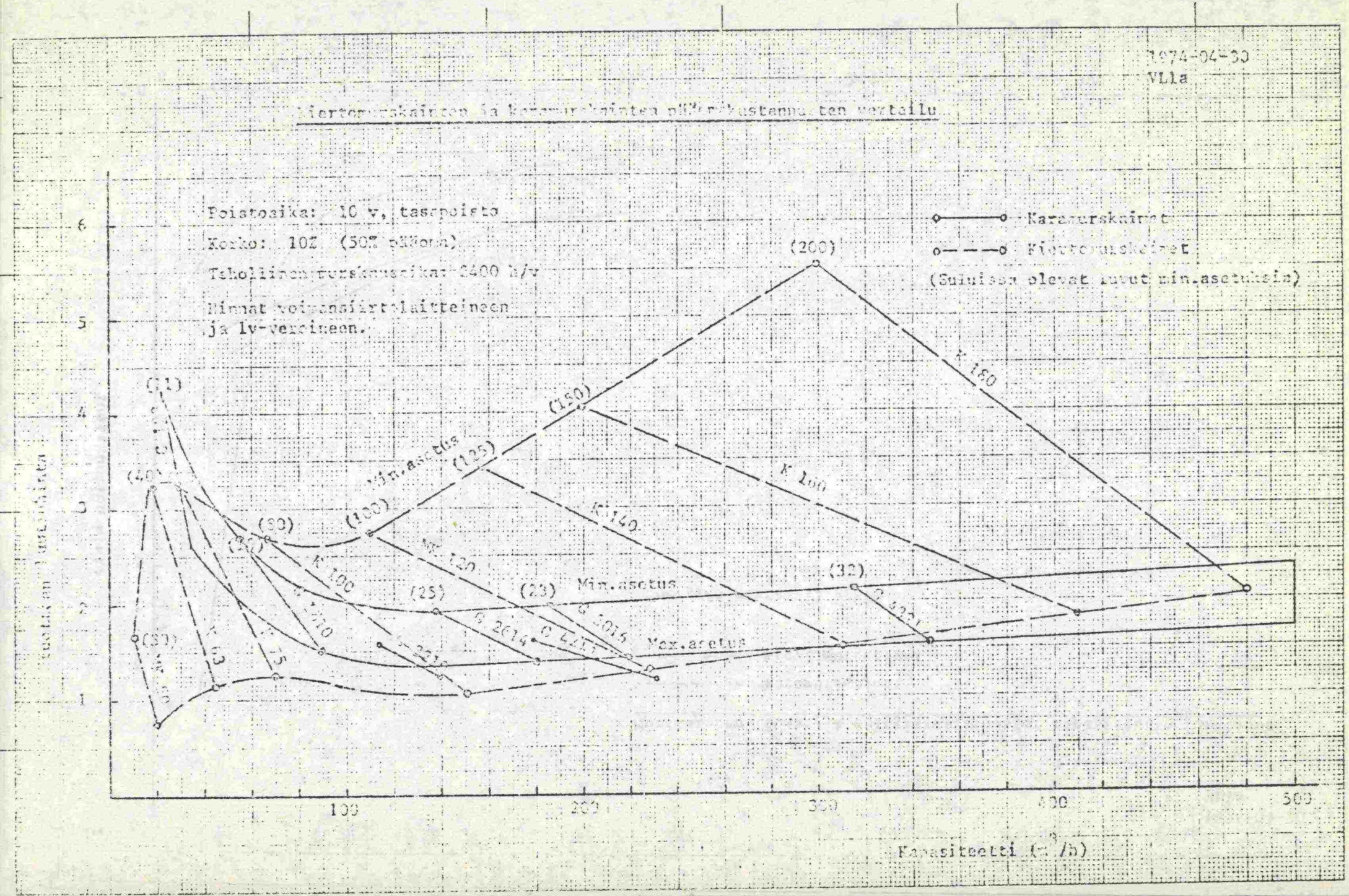
162086

Siirrettävä murskausasema KV50/55P

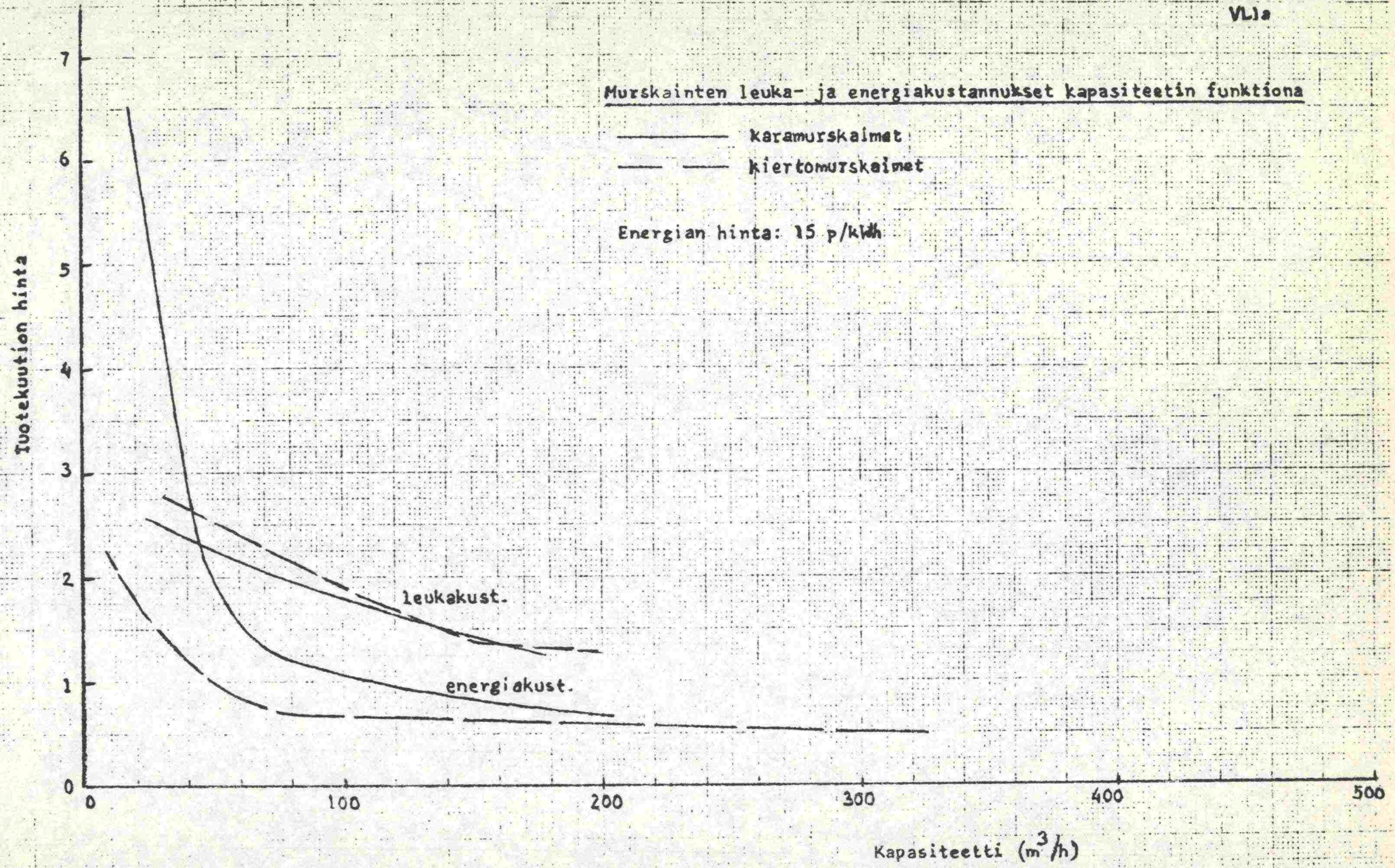
162086

1974-04-30
VL1a

Kierteruskainten ja kararuskainten pääkustannusten vertailu



1974-04-30
VL)a



R. Vuolio

LOUHINTATYÖ MURSKAUSTA VARTEN

R. Vuolio

LOUHINTATYÖ MURSKAUSTA VARTEN

1 Louhintatyön suunnittelussa huomioon otettavat seikat

Lähdettäessä suunnittelemaan louhintatyötä murskausta varten ei pelkkä kiviaineksen irrottamisen tarkkailu riitä. Harvasti rei'itetty ja pienen ominaispanostuksen omaava räjäytyskenttä voi olla halpa räjäyttää, mutta myöhemmin seuraavat kiven käsittelyvaiheet kuten rikotus, kuormaus ja murskaus maksavat sitä enemmän.

Seuraavat seikat olisi otettava huomioon jo kiven irrotusta suunniteltaessa:

- porauskustannukset
- räjäytysvälinekustannukset
- panostus- ja räjäytyskustannukset
- rikkojen käsittely
- kuormauskustannukset
- murskauskustannukset

Paitsi kustannustarkkailua on louhintatyön suorittajan hallittava myös ne keinot, joilla kivi on räjäytettävissä irti ja ympäristöön kohdistuvat vaaratekijät elimoidaan sekä tunnettava tarkoin alaa koskeva lainsäädäntö.

2 Kustannusten huomioon ottaminen louhinnan suunnittelussa

2.1 Porauskustannukset ja porauskaluston valinta

Porauskustannuksiin vaikuttavista tekijöistä ovat muun muassa kallion porattavuus ja rikkonaisuus vaikeita kuvata tarkasti. Tarkasteltaessa suhteellisia porauskustannuksia voidaan todeta niiden laskevan porausreiän koon kasvaessa (kuva 1).

Koska porausreikiin voidaan aina panostaa sama "energiamäärä/litra" ovat suuret porausreiät edullisia. Suuria porausreikiä käytettäessä on huomioitava se seikka, että pengerkorkeuden tulee myös olla suhteellisen suuri sekä että heiton ja sinkoutumisen sekä maantärinän vaara kasvavat porausreiän koon kasvaessa.

2.2 Räjäytystarvikekustannukset

Räjäytystarvikekustannuksista ovat räjähdysainekustannukset helpoimmin eriteltävissä. Vertailtaessa eri räjähdysaineita keskenään on lähtöpohjana pidettävä voima/painoyksikkö arvoja. Vertailun yksinkertaistamiseksi on kuvassa 2 lähdetty tietystä pengerkorkeudesta ja porausreiän läpimitasta.

2.3 Panostus- ja räjäytyskustannukset

Panostuskustannukset ovat kääntäen verrannollisia porausreiän kokoon (kuva 3). Porausreiän koon suureneminen pienentää siis panostuskustannuksia.

2 (1-3) Irrotuskustannukset

Kohtien 1 - 3 yhdistelmänä voidaan todeta irrotuskustannusten pienenevän porausreiän koon kasvaessa (kuva 4). Kuvan käyrässä ovat ominaispanostus ja räjähdysainetyyppi vakioita.

2.4 Rikkojen käsittely

Rikotuskustannukset muodostavat usein huomattavan osan räjäytyskustannuksista.

Rikotuskustannusten suuruuteen vaikuttavat mm. kuormauskaluston kauhakoko ja murskaimen kita-aukon koko. Rikotuskustannukset vaihtelevat tavallisesti välillä 5 - 9 mk/rikko, keskiarvon ollessa noin 6 - 7 mk/rikko. Rikkojen esiintymisfrekvenssin ollessa esim. 1 rikko/10 m3 on kustannus noin 0,60 - 0,70 mk/m3 , mikä muodostaa

merkittävän osan irrotuskustannuksista. Tämän lisäksi on huomioitava rikkojen usein aiheuttamat epäsuorat kustannukset, kuten kuormauskoneen seisominen. Rikkojen esiintymistodennäköisyys on riippuvainen louheen lohkarekoosta.

2 (5-6) Kuormauskustannukset sekä murskauskustannukset ja louhekoko

Sekä kuormaus- (kuva 5) että murskauskustannukset ovat suuresti riippuvaisia louheen lohkarekoosta. Louheen lohkarekokoon voidaan ennen kaikkea vaikuttaa käyttämällä riittävän suurta ominaispanostusta sekä lisäksi mm. nostamalla panostus mikäli mahdollista lähelle porausreiän suuta (huom. heittovaara), käyttämällä oikeaa sytytysjärjestelmää, käyttämällä ns. harvareikäräjäytystä ja käyttämällä apureikiä suurten reikien välissä.

2 (1-6) Louhintatyön vaikutuksesta kokonaiskustannuksiin

Kuvassa 6 on esitetty yhteenvetona eri kustannusten muodostuminen ominaispanostuksen 0,37 kg/m3 ja 0,50 kg/m3 arvoilla. Kuvasta 6 havaitaan että oikean ja riittävän ominaispanostuksen käyttö on kannattavaa. Ominaispanostusta suurennettaessa on kuitenkin huomioitava mahdollisuus vaarallisen suureen heittoon.

3 Poraus- ja panostuskaavioiden suunnittelusta ja panosten sytytyksestä

Poraus- ja panostuskaavioiden suunnittelu voidaan parhaiten suorittaa valmiita taulukkoja käyttäen (Kallionporausopas). Taulukoita käytettäessä on otettava huomioon se seikka, että lähtökohtana on ollut pyrkimys kiven varmaan irtoamiseen. Usein joudutaan sopivaan lohkarekokoon pyrittäessä tihentämään rei'itystä ja tätä tietä nostamaan ominaispanostusta. Taulukot eivät sovellu käytettäväksi

pyrittäessä määrittämään panostusta rakennusten tai herkkien laitteiden läheisyydessä räjäytettäessä. Panosten sytytyksessä saadaan lohkarekoko pienenemään järjestämällä L-nalli-sytytys auran muotoiseksi. Tästä sytytystavasta löytyy esimerkkejä alan käsikirjoista.

4 Ympäristön huomioon ottaminen jouduttaessa räjäyttämään asutuskeskuksissa

Avolouhinnassa, jossa täytyy ottaa huomioon maatärinä ja heittovaara, aiheuttavat seuraavat tekijät lisäkustannuksia normaaliin avolouhintaan verrattuna:

- suurempi ominaisporaus
- suuremmat panostuskustannukset
- lisääntynyt räjäytysten määrä
- kenttien peittäminen
- muut suojatoimenpiteet
- talokatsastukset
- maantärinämittaukset
- vakuutuskustannukset
- lisääntynyt valvonta- ja suunnittelutehtävät

Varovaisissa räjäytyksissä saavutetaan kuitenkin myös taloudellisia etuja, joista voitaisiin mainita mm.

- pienemmät ryöstöt
- pienempi lohkarekoko
- vähentyneet rakennusvauriot

Kun tarkkaillaan pelkkiä irrotuskustannuksia, joiden kartoitus on helpoimmin suoritettavissa, voidaan lähtöpohjaksi valita seuraavat muuttujat:

- sallittu momentaaninen panostus
- ominaisporaus
- ominaispanostus
- reikäluku
- pengerkorkeus

- peittäminen
- louhintapintojen puhdistus
- teho aikayksikköä kohden

Kuvassa 7 esitetään irrotuskustannuksien suhteellinen vaihtelu eri etäisyyksillä ja eri sallituilla maatärinöiden arvoilla.

Kyseessä on tällöin kentät, joissa pengerkorkeus on rajoitettu ja porausreiät alle 40 mm. Kuvasta voidaan myös huomata, että varsinkin 10 metriä lähempänä rakenteita louhittaessa kohoavat kustannukset jyrkästi.

5 Kallion laadun huomioon ottaminen

Kallion laatua tarkkailtaessa on irrotustyön suorituksessa mahdollisuus arvioida kivilajin porattavuus, kun tunnetaan sen mineralisaatio ja tektoniikka. Tällöin voidaan etukäteen arvioida esim. porien tunkeutumisnopeus.

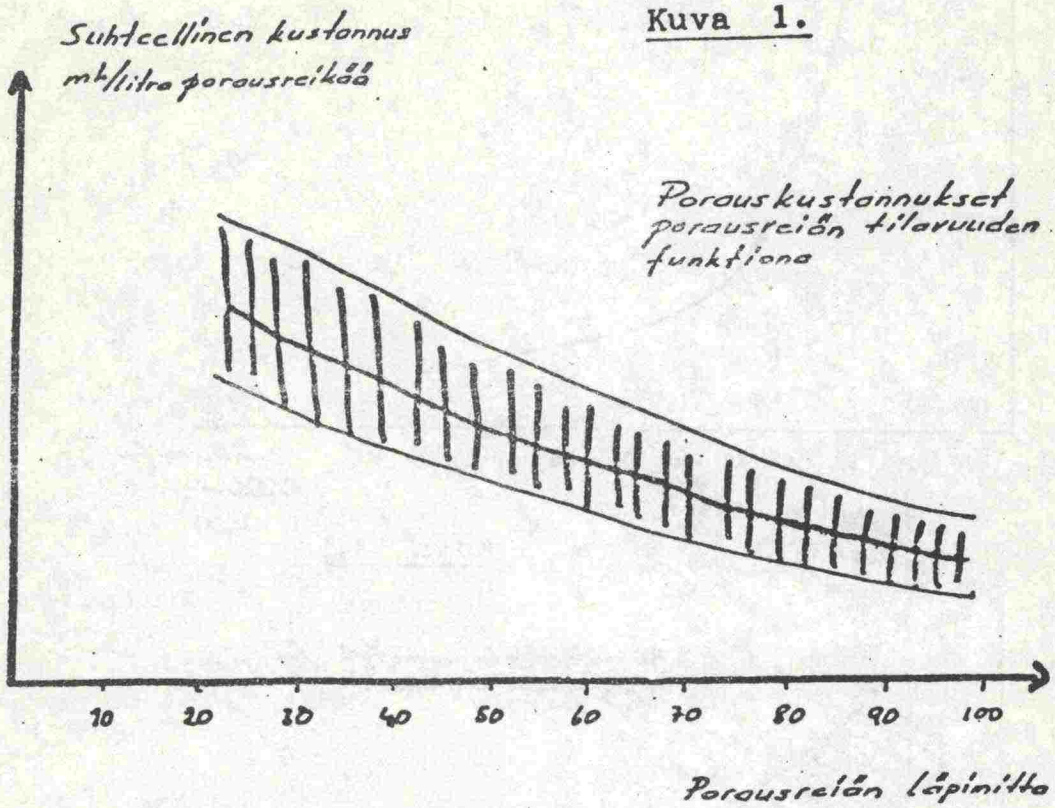
Kallion räjäytettävyys on huomattavasti vaikeammin määritettävissä. Voidaan todeta, että taulukkoarvot ainakin yleensä ovat soveltuvia sellaisen kiviaineen irrottamista varten, josta tehdään mursketta. Kallion tektoniikka on porauksen ja panostuksen aikana huomioitava siten, ettei heikkousvyöhykkeisiin, esim. rakoihin tai ruhjeisiin, sijoiteta porausreikiä. Lisäksi on usein edullista antaa heikkousvyöhykkeen muodostaa räjäytyskentän reuna- tai takalinja.

6 Räjähdysaineita ja niiden käyttöä koskevat määräykset:

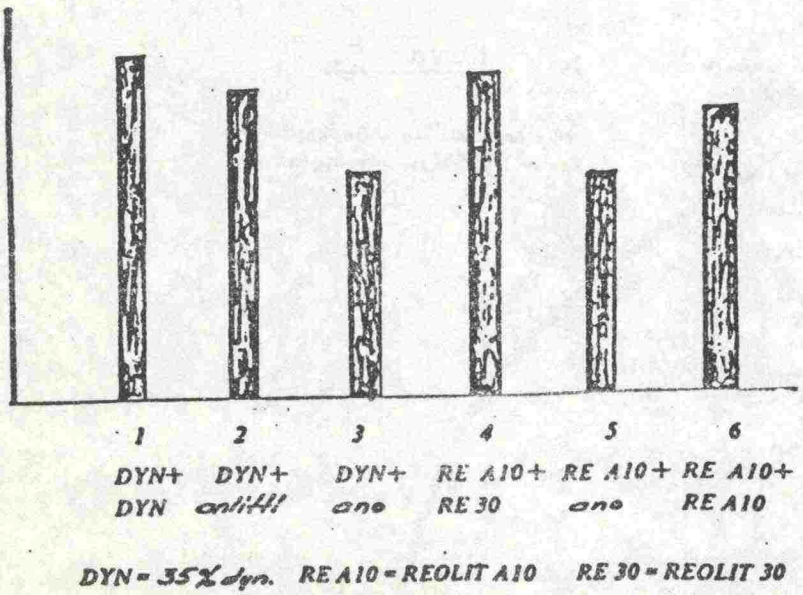
- Räjähdysaineasetus 696/71
- Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös räjähdysaineista 972/71

- Työlaki n:o 13 (järjestysohjeet 362/65 + asetus 386/66)
- Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös turvallisuusmääräysistä kaivoksissa 556/59 3.luku.
- Sosiaali- ja terveysministeriön vahvistamat teknilliset turvallisuusohjeet n:o 16:0 ja 16:2.
- Vaarallisten aineiden kuljetus rautateillä VAK 1969
- Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös räjähdysaineiden kuljettamisesta tiellä 735/1973.

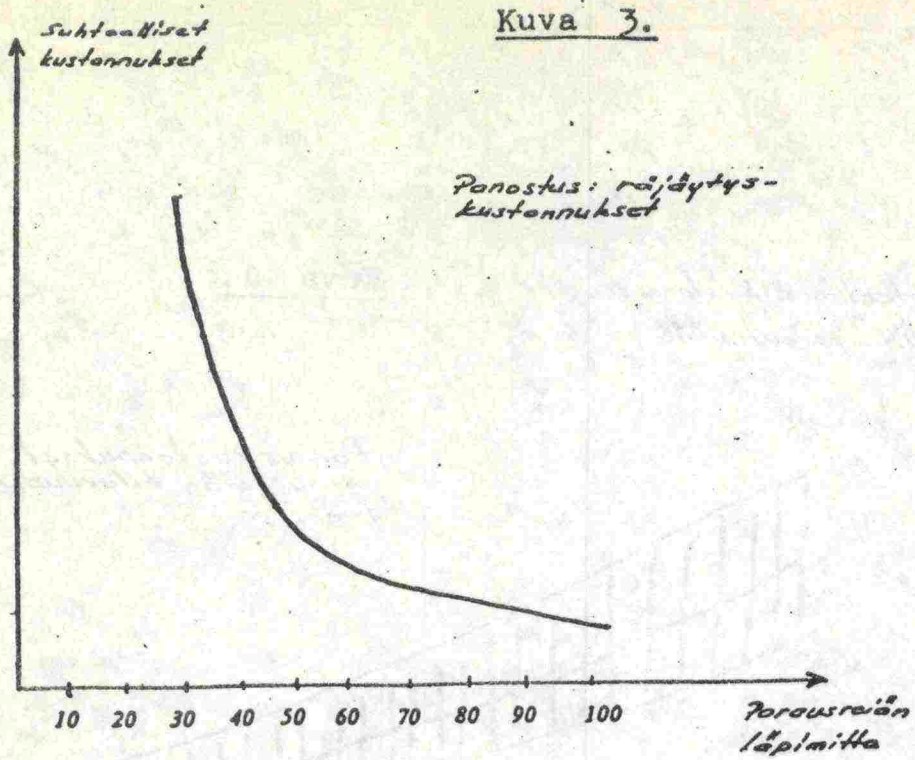
Kuva 1.


Suhteellinen kustannus
mk/litra porausreikää
Porauskustannukset
porausreiän tilavuuden
funktiona
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
Porausreiän läpimitta

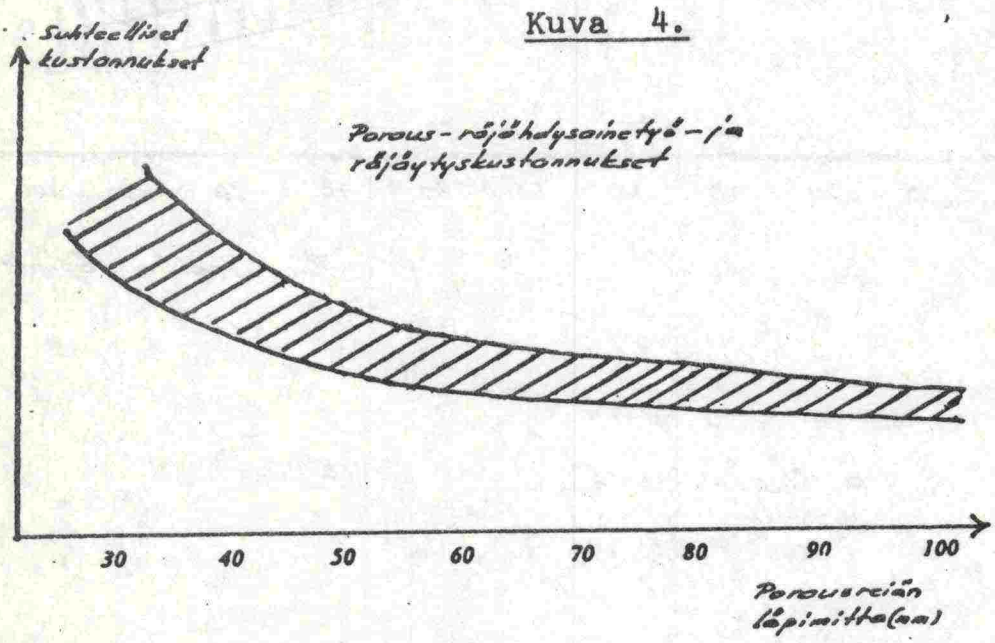
Kuva 2.


Räjähdyaineen kustannusten
vertailu
1
2
3
4
5
6
DYN+
DYN
DYN+
anfitit
DYN+
ano
RE A10+
RE 30
RE A10+
ano
RE A10+
RE A10
DYN = 35% dyn.
RE A10 = REOLIT A10
RE 30 = REOLIT 30

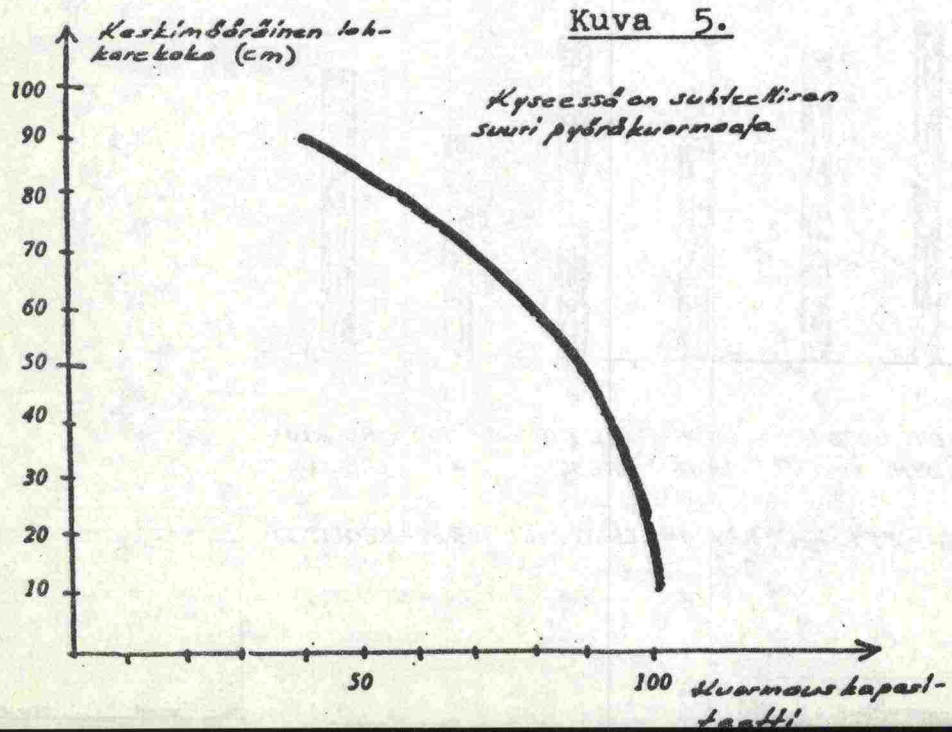
Kuva 3.



Kuva 4.



Kuva 5.



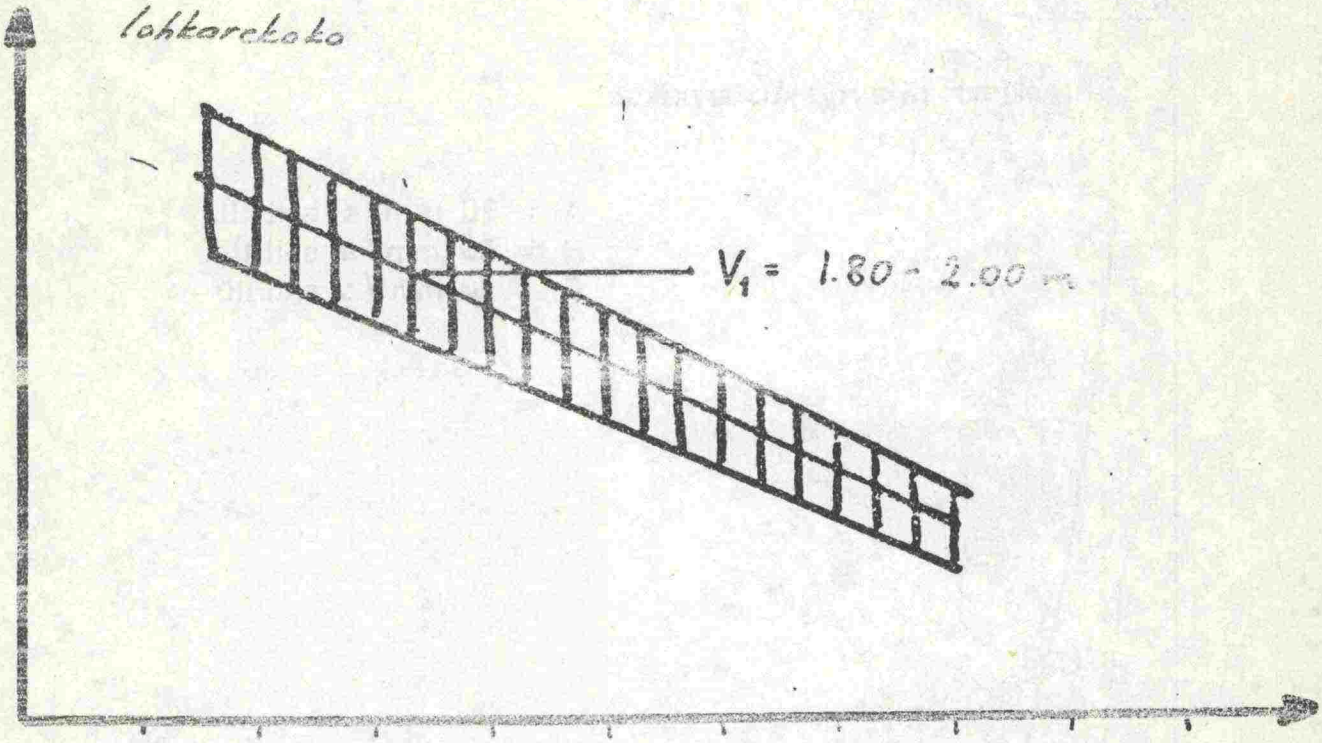
GANGJÄRN

Kuvaa

GANGJÄRN

Suurreikäräjäytys ⌀ 51 mm

Suhteellinen lohkareteho

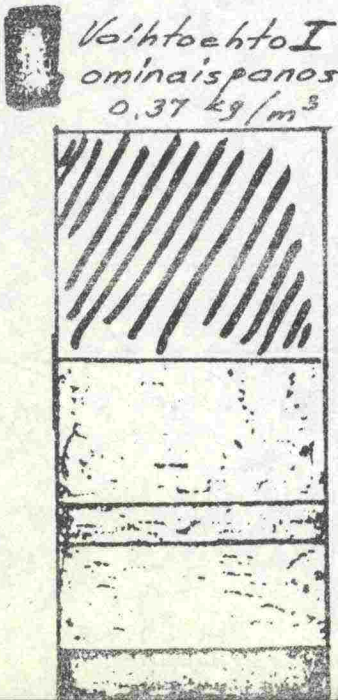


0.15 0.20 0.25 0.30 0.35 0.40 0.45 0.50 0.55 0.60

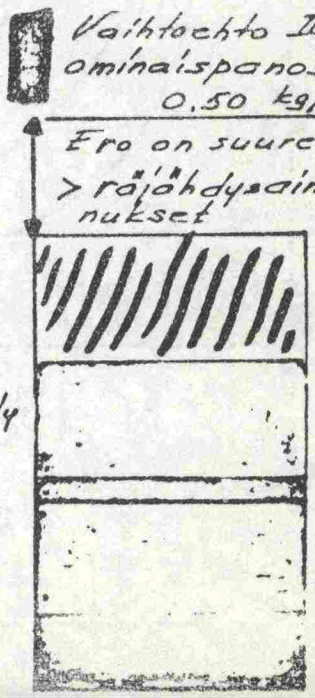
kg/m³

ominaispanostus

Räjäytys murskausta varten



Vaihtoehto I
ominaispanostus
0.37 kg/m³



Vaihtoehto II
ominaispanostus
0.50 kg/k-m³

Ero on suurempi kuin räjähdysainekustannukset

Murskaus

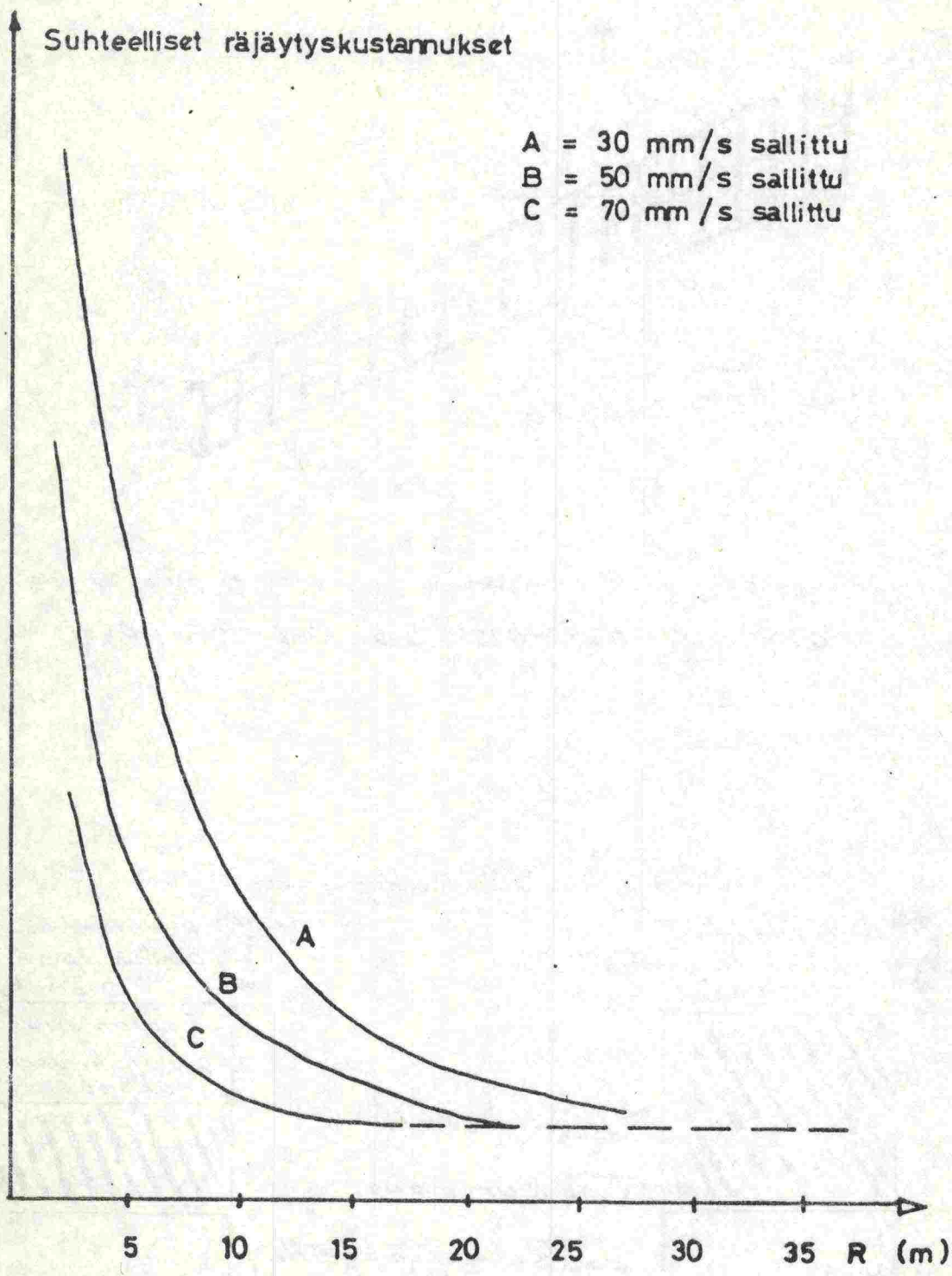
Kuormaus

Rikkojen käsittely

Poraus

Räjähdysaineet

Kuva 7.


Suhteelliset räjäytyskustannukset
A = 30 mm/s sallittu
B = 50 mm/s sallittu
C = 70 mm/s sallittu
A
B
C
5
10
15
20
25
30
35
R (m)

H. Karlsson

MURSKAUSTYÖN TOTEUTUS URAKALLA

H. Karlsson

MURSKAUSTYÖN TOTEUTUS URAKALLA

1 Kohteet

Urakoitsijoilla on tarkoituksenmukaista teettää sellaiset murskaustyöt, joita ei ehditä suorittaa omalla kalustolla tai joiden suorittamiseen oma kalusto ei sovellu. Silloin kun omaa kalustoa on käytössä, on se ensisijaisesti työllistettävä. Toinen asia on sitten kannattaako omaa kalustoa hankkia, koska urakoitsijat pystyvät joustavammin uusimaan kalustonsa ajanmukaiseksi ja huoltamaan vanhan kalustonsa. Oman kaluston hankkiminen on varmasti joissakin tapauksissa edullista, mutta hankinta on suoritettava vasta perusteellisen harkinnan tuloksena.

2 Edellytysten luominen

2.1 Murskausalue

Murskausalueella tulee olla riittävästi hyvälaatuista kiviainesta. Jos murskausta varten varatun kiviaineksen riittävyyttä epäillään, on ennen tarjousten pyytämistä suoritettava lisätutkimuksia, joilla kiviaineksen riittävyys varmistetaan. Jos kiviaines työn aikana yllättäen loppuu, seuraa siitä enemmän hankaluuksia ja lisäkustannuksia kuin lisätutkimuksista. Raaka-aineen kivisyyden riittävyydestä murskaustarkoitukseen on myös varmistauduttava.

Murskausalueen valinnassa on otettava huomioon ympäristönsuojelu, työturvallisuusvaatimukset ja se, että alueelle sijoitetaan myöhemmin mahdollisesti asfalttiasema.

2.2 Tarjouspyyntöasiakirjat

Tarjouspyyntöasiakirjojen on oltava yksikäsitteiset,vaatimuksiltaan asialliset ja yleisen käytännön mukaiset. Erityistä huomiota on kiinnitettävä työrajojen määrittämiseen ottaen huomioon olosuhteet ja muut työn erityispiirteet. Murskausurakka-asiakirjat kehittynevät aikaa myöten samanlaisiksi kaikissa TVL:n piireissä, mutta toistaiseksi vaatimukset vaihtelevat huomattavastikin. Urakoitsijat ottavat tämän seikan tarjouksissaan huomioon, mutta kokevat sen luultavasti turhaksi hankaluudeksi. TVH:n tulisi piirien kanssa laatia asiakirjat ja vaatimukset, jotka sopivat kaikille piireille. Murskausurakoinnissa päästään sen jälkeen yhtenäiseen käytäntöön kuten nykyisin on laita mm. päällystysurakoinnissa.

2.3 Kilpailutilanne

Murskausurakkatarjousten hintataso määräytyy kilpailutilanteen mukaan. Tarjouksia on edullista pyytää silloin, kun murskaustöitä on vähän tarjolla ja urakoitsijoilla on vapaata kapasiteettia. Tunnetuista syistä työt kuitenkin ruuhkaantuvat vuoden vaihteen molemmin puolin aiheuttaen molemmille osapuolille haittaa. Jos työt voitaisiin ajoittaa tasaisemmin ja tarjouspyynnöt ajoitettaisiin yhteistoiminnassa eri piirien ja mahdollisesti eri laitostenkin kesken päästäisiin molempia osapuolia tyydyttävään tilanteeseen.

2.4 Urakoitsijoiden valinta

Urakoitsijat, joilta pyydetään tarjoukset valitaan vakavaraisuuden ja työn vaativuuden perusteella. Rakennuttajan tulee tuntea miten urakoitsijat asennoituvat työhönsä, millainen ammattitaito, taloudellinen asema ja kalusto heillä on.

2.5 Urakan suuruus

Murskausurakat pyritään saamaan riittävän suuriksi, mieluummin > 50.000 m3itd, jolloin kiinnostus työhön kasvaa

ja tarjoushinnat ovat edulliset. Usein on edullisinta, että kunnossapito- ja rakennustoimisto pyytävät yhdessä tarjoukset. Piirissä murskaustöiden koordinointi tulee suorittaa yhteistoiminnassa näiden toimialojen kesken, sillä murskaustyöt voidaan täten monessa kohteessa yhdistää yhdeksi työkohteeksi ja näin vältytään kahden laitoksen pystyttämiseltä samalle seudulle.

3 Työn valvonta

Työ valvotaan TVH:n valvontaohjeiden ja muiden sopimusasiakirjojen määräysten mukaan. Valvojilla pitää olla sopimusasiakirjat.

3.1 Alkukokous

Kun urakkasopimus on allekirjoitettu, sovitaan alkukokouksen pitämisestä ennen murskaustyön alkua. Alkukokoukseen kutsutaan urakoitsijan edustaja ja työtä johtavat henkilöt sekä rakennuttajan edustaja, valvojat ja konsultit, ts. kaikki ne henkilöt, jotka joutuvat työn aikana toistuvasti urakan kanssa tekemisiin.

Alkukokouksessa käsiteltävät asiat:

- Lähtötilanne työmaalla työtä aloitettaessa. Verrataan todellista tilannetta sopimuksessa esitettyyn tilanteeseen ja todetaan onko rakennuttajalle kuuluvat työt tehty.
- Sopimuksen allekirjoittamisaika, työnaikaisen vakuuden asettaminen sekä laskutusmenettely.
- Rakennuttajan valvontaorganisaatio ja valvojien valtuudet. Valvojilla ei yleisten sopimusehtojen mukaan ole asemansa perusteella oikeutta sopia muutoksista urakkaan. Sopimuksen allekirjoittaja voi kuitenkin antaa heille oikeuden sopia määrätyistä muutoksista, esim. rakeisuusmuutoksista sovituin edellytyksin.
- Urakoitsijan organisaatio työmaalla. Yleisten sopimusehtojen 40 §:n mukaan urakoitsijalla tulee koko työn ajan olla työmaalla sellainen henkilö, joka hallitsee murskaustyön ja jonka puoleen valvojat voivat kääntyä suoritusta koskevine määräyksineen.

Urakoitsijan tulee alkukokouksessa ilmoittaa rakennuttajalle tämän henkilön nimi. Tavanomaisissa murskausurakoissa on mielestäni tarpeetonta vaatia vastuulliseksi työnjohtajaksi teknillisen koulun suorittanutta henkilöä. Suurissa vaativissa murskaustöissä tällaisen vaatimuksen esittäminen tarjouspyyntöasiakirjoissa on aiheellista.

- Vakuutukset.
  Murskausurakoissa urakoitsijan tarvitsee vakuuttaa yleensä vain rakennuttajalta vuokraamansa työmaasuojat.
- Työn aloitusaika.
- Urakoitsijan laatima työaikataulu, josta ilmenee murskeiden murskausjärjestys, työvoimavahvuus ja rahoitustarve kuukausittain.
- Vuorotyö, työvuorojen aloitus- ja päättymisjat.
- Aliurakoitsijoiden hyväksyminen.
- Työssä käytettävän kaluston hyväksyminen.
- Rakennuttajan laitteiden käyttömahdollisuudet.
- Koemurskaukset, rakeisuusohjearvot ja näytteiden ottaminen. Näytteet tulee ottaa molempien sopijapuolten edustajien läsnäollessa.
- Työmaakokousten pitomenettely.
- Työmaapäiväkirjan pitäminen.

Alkukokouksessa osapuolet sopivat pelisäännöistä, joita työssä noudatetaan ja selvittävät esiin tulleet epäselvät asiat. Alkukokouksen pitäminen on yksi niistä toimenpiteistä, joilla ennakolta estetään erimielisyyksien syntyminen ja niiden paisuttelu myöhemmin. Alkukokouksen pitäminen on välttämätöntä.

3.2 Valvojan tehtävät

Valvojan tehtävänä on valvoa, että murskeita tehdään sopimuksen mukaiset määrät ja että ne täyttävät sopimuksessa esitetyt laatuvaatimukset. Valvojia ovat työpäällikkö, työmaanpäällikkö ja paikallisvalvoja, joilla on apuna laborantti ja kuormien ylösottaja. Valvojia avustavat asiantuntijoina maatutkimusinsinööri ja laadunvalvontarakennusmestari.

3.2.1 Varastointi

Kun urakkaan kuuluu murskeiden varastointi, on valvojan huolehdittava siitä, että varastoiminen suoritetaan siten, että kiviaines varastosta kuormattaessa homogenisoituu. Varastointi on suoritettava kerroksittain olosuhteista riippuen purkamalla kuorma paikkaansa tai matoksi vetämällä. Tämä tehtävä vaatii harkintaa ja huolellisuutta.

3.2.2 Rakeisuus

Eniten keskustelua murskausurakoissa herättää päällystekiviainesten (Ab 20 - 25) rakeisuus, sillä murskauksessa syntyy 0,125 - 1...2 mm rakeita liian vähän suhteessa muihin rakeisiin. Murskeen rakeisuuskäyrä pyrkii olemaan ohjealueen alarajan alapuolella # 0,125 - # 1...2 mm välillä. Vaikeinta on murskata 0 - 25 mm mursketta, jonka rakeisuuskäyrän pitäisi kulkea ohjealueen alarajassa. Käyrää pyritään ensiksi parantamaan muuttamalla murskaimien asetusta, peittämällä seuloja osittain hienosilmäisemmillä verkoilla ja valikoimalla laitokseen syötettävää raaka-ainetta jne. Jos kokeilua jatketaan pitkään murskeesta tulee epähomogeeninen ja päällysteen laatu huononee. Päällystekiviaineksen rakeisuutta voidaan suhteellisen helposti parantaa siltillä tai hienolla hiekalla. Rakennuttajan tulisi jo tarjouspyyntövaiheessa selvittää mistä ja minkälaista lisäainetta kiviaineksen rakeisuuden parantamiseksi on saatavissa. Valvonnan pitää nopeasti koemurskauksella selvittää pystyykö urakoitsija murskaamaan raaka-aineesta tavanomaisella kalustolla vaaditun rakeisuuden omaavaa mursketta, ja jos se todetaan mahdottomaksi tehtäväksi, suoritetaan päällystemassan suhteitus lisäaineella. Murskemäärää voidaan pienentää painon verran. Murskaustyö helpottuu, eikä päällystekiviaineksen laatu huononе.

Tämän jälkeen tehdään sovitun rakeisuuskäyrän mukaista murskeita ja kiinnitetään erityistä huomiota murskeen tasalaatuisuuteen.

3.2.3 Näytteiden ottaminen

Valvojan on huolehdittava siitä, että näytteet otetaan TVH:n murskaustöiden valvontaohjeiden mukaisesti ja että ne ovat edustavia. Näytteistä tutkitaan rakeisuus, lujuus- ja muotoarvot, murtopintaluku ja vesipitoisuus.

3.2.4 Työsuojelu

Valvojan tulee valvoa, että urakoitsija noudattaa työssä ympäristönsuojelu- ja työsuojelumääräyksiä. Kalliomurskaustöissä, joissa suoritetaan louhintatöitä, on noudatettava räjäytystöitä koskevia lakeja, asetuksia ja määräyksiä.

- Räjähdysaineasetus	696/71	(Valtion painatuskeskus)
- Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös räjähdysaineista	972/71	(Valtion painatuskeskus)
- Valtioneuvoston päätös räjäytystöiden suorittamisesta	362/65	(Valtion painatuskeskus)
- Asetus räjäytystyön valvojien pätevyyskirjoista	386/66	(Työlaki n:o 13 Valtion painatuskeskus)
- Räjähdysaineita ja niiden käsittelyä koskevia määräyksiä 3. luku kauppa- ja teollisuusministeriön päätöksestä turvallisuusmääräyksistä kaivoksissa	556/59	(Valtion painatuskeskus)
- Sosiaali- ja terveysministeriön vahvistamat teknilliset turvallisuusohjeet	n:o 16:0 ja 16:2	(Työsuojelu ry.)
- Vaarallisten aineiden kuljetus rautateillä	VAK 1969	(Rautatiehallitus)
- Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös räjähdysaineiden kuljettamisesta teillä	735/73	(Valtion painatuskeskus)

3.2.5 Työmaapäiväkirja

Sopijapuolet ovat velvollisia pitämään työmaapäiväkirjaa. Siihen on merkittävä päivittäin kaikki oleelliset työtä koskevat tiedot ja tapahtumat. Työmaapäiväkirja on sopijapuolten yhteinen virallinen asiakirja, joka on valvonnan hallussa. Molemmat sopijapuolet allekirjoittavat sen päivittäin.

Työmaapäiväkirjaan merkitään ainakin seuraavat tiedot:

- Päivämäärä ja työmaa.
- Sää ja lämpötila.
- Työvuorojen alkamis- ja lopettamisajat.
- Työvuorossa sattuneet häiriöt ja keskeytykset sekä niiden syyt ja kestoajat.
- Tutkitut näytteet, niissä mahdollisesti todetut virheet sekä toimenpiteet virheiden korjaamiseksi.
- Työmäärät työvuoroittain.
- Työtä koskevat huomautukset urakoitsijalle.
- Urakoitsijan vastine ja huomautukset rakennuttajalle.
- Työmaatarkastukset ja muutosmääräykset.

Päiväkirjaa on pidettävä tarkasti, sillä tapahtumahetkellä mitättömiltä tuntuvilla tiedoilla voi loppuselvityksessä olla ratkaiseva merkitys.

4 Työmaakokoukset

Työmaakokouksia ei ole yleensä tarpeellista pitää säännöllisin väliajoin. Niitä pidetään yleensä jonkun tai joidenkin erityiskysymysten selvittämiseksi. Päivittäin esiin tulevat asiat pyritään selvittämään työmaalla tuoreeltaan eikä niitä tule kerätä työmaakokouksiin ratkaistaviksi.

Työmaakokouksista pidetään pöytäkirjaa, joka on virallinen asiakirja. Kokouksessa todetaan työssä vallitseva tilanne, pyritään selvittämään kiistakysymykset ja sovitaan työn jatkamiseen liittyvistä seikoista.

5 Välikatselmukset

Välikatselmuksia pidetään välitavoitteiden saavuttamisen toteamiseksi tai työn keskeytyessä urakoitsijan joutuessa konkurssitilaan. Varsinkin viimemainitussa tapauksessa välikatselmuksen pitäminen ennen työn uudelleen käynnistämistä on tärkeää, sillä välikatselmuksen pitämättä jättäminen heikentää rakennuttajan asemaa konkurssin valvonnassa.

Useimmiten välikatselmuksissa todetaan, onko urakoitsija saavuttanut sopimuksessa mainitun välitavoitteen, jonka saavuttamatta jäämisestä voi olla seuraamuksena myöhästymissakko.

6 Loppuselvitys

Murskaustyön valmistuttua laaditaan lopettamisilmoitus sekä täytetään siihen liittyvät tutkimustuloksia esittävät lomakkeet.

Loppukatselmusta varten valvojan on kerättävä kaikki työtä koskevat asiakirjat yhteen ja tarvittaessa tehtävä niistä yhteenvetoja.

Loppuselvitysasiakirjat:
- Työmaapäiväkirja.
- Alkukokouksen pöytäkirja.
- Työmaakokousten pöytäkirjat.
- Tehdyt työmäärät ja urakkasumma.
- Kirjeenvaihto sopijapuolten kesken.
- Laboratoriotulokset.

<u>Rakeisuus</u>

a) Selvitys ohjearvoista sallittuja rajoja enemmän poikkeavien seulontatulosten lukumäärä prosentteina seulottujen näytteiden kokonaismäärästä. (Seulojen # 0,074, 4, (8) ja 16 kohdilta).
b) Murskeen rakeisuuden keskihajonta.
c) 1000 m3itd eriä edustavat keskiarvokäyrät ja koko lajitteen keskiarvokäyrä.
d) Raaka-aineen kivisyysprosentti ja rakeisuus.

Muoto: Muotoarvomääritysten keskiarvo.

Murskautuneisuus: Keskiarvo.

- Työmäärän muuttuminen.
- Kolmannelle henkilölle aiheutetut vahingot.
- Keskeytykset ja niiden syyt, jos työ on myöhästynyt.
- Muut työn erityispiirteistä johtuvat selvitykset.

Loppukatselmuksessa lisäksi käsiteltävät asiat:
- Työaika.
- Lisäkorvaukset,
- Vakuuden palauttaminen.
- Katselmusmiehen esitys.
- Tarkastus murskausalueella.

Loppukatselmuksen jälkeen katselmusmies arvostelee työn ja tekee piirikonttorille esityksen työn hyväksymisestä ja mahdollisista arvonalennuksista.

Piirikonttori ilmoittaa urakoitsijalle kirjallisesti ehdot, joilla työ hyväksytään.

M. Niskanen

MURSKAUSTYÖN TOTEUTUS OMALLA KALUSTOLLA

M. Niskanen

MURSKAUSTYÖN TOTEUTUS OMALLA KALUSTOLLA

1 Johdanto

Tie- ja vesirakennuslaitoksen vuotuisten murskausten määrä on viime vuosina vaihdellut 7,3 - 9,5 milj. m^3-itd rajoissa, josta omien laitosten osuus on ollut n. 50 %. Oman murskauskaluston suunniteltu käyttö v. 1970 - 1974 on esitetty alla olevassa taulukossa.

	TVL:n kalustolla murskataan		Vaihtelurajat %:na ja piiri			
	m^3-itd	% koko määrästä	maksimi		minimi	
-70	4.507.258	59,1	95,9	P-K	45,0	U
-71	4.447.384	56,6	97,7	K-P	34,7	V
-72	4.551.095	51,1	90,4	Kn	36,5	U
-73	4.084.710	44,4	72,3	O	25,2	U
-74	3.483.308	47,0	80,1	M	14,2	U
Ka	4.214.751	51,6	-		-	

TVL:n murskauslaitosten tuotto on vuosilta 1970-72 lähtien osoittanut jatkuvaa vähenemistä, mitä voidaan pitää eräänä osoituksena kaluston heikosta tehosta, iästä ja kehityksen jälkeenjääneisyydestä. Parannusta tilanteeseen on tuonut vastikään suoritettu neljän kotimaisen tehokkaan murskauslaitoksen hankinta. Jotta murskauslaitos saataisiin toimimaan taloudellisesti ja tehokkaasti, vaatii se hyvän ja luotettavasti toimivan murskauskaluston lisäksi työn ennakkosuunnittelua, hyvää työpaikkajärjestelyä, oikein suoritettua kuormaus- ja ajokaluston mitoitusta, laitoksen tahdistusta ja ammattitaitoista työnjohto- sekä käyttöhenkilöstöä.

Pyrin seuraavassa käsittelemään kaksivaiheisen murskauslaitoksen työpaikkajärjestelyjä, kuormauskaluston valintaa ja laitoksen siirtoa koskevia asioita

lähinnä niiden kokemusten valossa, joita TVL:n Kainuun piirin murskauslaitoksista on saatu.

2 Työpaikkajärjestelyt

2.1 Asiapapereihin tutustuminen ja työn ennakkosuunnittelu

Hyvissä ajoin ennen murskauslaitoksen siirto- ja työpaikkajärjestelytöitä on tehtävä seuraavat valmistelevat toimenpiteet:

1. Hankintaan tulevaa murskauspaikkaa koskevat asiapaperit, kuten
- kartta alueesta sinne johtavine teineen,
- selvitetään ainespaikan käyttöoikeus, joka voi perustua tiepäätöksen saaneeseen suunnitelmaan joko liitännäisalueena tai oikeutena ottaa alueelta rajoitettu määrä aineksia; oikeus voi myös perustua maanomistajan kanssa tehtyyn kirjalliseen sopimukseen
- otetaan selville mahdolliset yksityisteiden käyttöoikeudet ja velvoitteet
- pohjatutkimustulokset ja ennakkonäytteiden seulontakäyrät. Erityistä huomiota on kiinnitettävä materiaalin vaihtuvuuteen alueen eri osissa ja syvyyssuunnassa sekä kivisyyteen ja maksimiraekokoon.

2. Varmistutaan siitä, että terveydenhoitolain 26 §:n mukainen ao. kunnan terveyslautakunnan lupa kyseistä murskaustyötä varten on hankittu ja otetaan huomioon ne ehdot, joilla lupa on myönnetty. Samoin on tutustuttava ennakolta hankittuun Vesipiirin lausuntoon, jossa on määritelty pohjavesien suojelua koskevat toimenpiteet ja sallittu kaivusyvyys.

3. Mikäli kysymyksessä on maisemanhoidollisesti arvokkaasta paikasta, on syytä neuvotella ja sopia piirin maisemanhoidonvalvojan kanssa ainesten ottotavasta, pintamaiden läjitysalueista ja oton tapahduttua suoritettavasta siistimis- ja maastonmuotoilutöistä.

2.2 Murskauspaikkaan ja ajoteihin tutustuminen, täydennystutkimukset sekä laitoksen sijoitussuunnittelu

1. Suoritetaan murskauspaikan maastokatselmus

- Tarkastetaan lupa-alueen rajat ja selvennetään rajamerkit.
- Todetaan alueella mahdollisesti olevat esteet, kuten rakennukset tai rakenteet, sähkö- ja puhelinlinjat, maakaapelit ja vesi- tai viemärijohdot. On huomattava, ettei murskauspaikan yläpuolella saa olla voima- tai muita johtoja.
- Tarkastetaan suunnitellut ajotiet ja mikäli löydetään edullisempi ratkaisu (esim. talvikautena voidaan soita käyttää lyhentämään ajomatkaa) tehdään tarvittavat sopimukset maanomistajan kanssa. Ajoteitä tarkasteltaessa ja suunniteltaessa on muistettava, että pitkät ajoneuvoyhdistelmät vaativat kaarteissa ja kääntymispaikoissa runsaasti tilaa.
- Suunnitellaan alustavasti varastopaikat, läjitysalueet sekä toimisto-, laboratorio-, asunto- ja huoltotilojen sijoitus.
- Jos kysymyksessä on syrjässä sijaitseva murskauspaikka ja pitempiaikainen työ, on viestiyhteydet varmistettava. Valtion tai jonkin puhelinosuuskunnan linjan sijaitessa läheisyydessä on tiedusteltava puhelimen saantimahdollisuutta ja hankintahintaa. Toisena vaihtoehtona voidaan pitää PLH:n verkostoon liitettävää radiopuhelinta (hankintahinta v. 1973 n. 3 000 mk). Tiemestaripiirin tukiasemaan yhteydessä olevan radiopuhelimen hankinta esim. murskaamon toimistovaunuun on myös käyttökelpoinen vaihtoehto, kuitenkin sillä ehdolla, että käyttöjännite saadaan pysymään vakiona. Jos virtalähteenä murskausasemalla tulee olemaan aggregaatti, ei radiopuhelin tule kestämään sen jännitevaihteluita.
- Mikäli alueen läheisyydessä on voimajohtolinja, on syytä neuvotella linjan omistavan sähköyhtiön kanssa ehdoista, joilla he toimittavat sähköä murskausasemalle. Vertaamalla tarjousta piirin aggregaatin

tuottamaan sähkön hintaan, ottamalla huomioon pääomakustannukset, voidaan tehdä valinta. Valintapäätökseen vaikuttavana tekijänä on otettava huomioon sähkölinjan kunto ja linjasta saatava teho linjan huippukuormituksen aikana.

2. Täydennystutkimukset

Suunnittelijan tekemät ennakkotutkimukset eivät aina ole riittäviä, joten rintauksen avaamispaikan määrittelyä, raaka-aineen laadun varmistamiseksi (riittävä kivisyys ja sopiva raekoko laitokselle) sekä raaka-aineen riittävyyden toteamiseksi on tarpeen suorittaa täydennystutkimuksia, jotka voidaan sopivasti hoitaa murskauspaikan raivaus- ja tasaustöissä käytettävillä kone- ja miesresursseilla. Oikean rintauksen avauspaikan valinta on ainespaikoilla, joilla materiaali vaihtelee hiekan ja kivisen soran välillä, erittäin merkittävä kustannustekijä.

3. Hankittujen selvitysten perusteella laaditaan laitoksen sijoitussuunnitelma ottamalla huomioon mm. seuraavat seikat:

- Rintauksen avauspaikka ja laitoksen syöttösiilo sijoitetaan mahdollisimman lähelle murskauskelpoisen raaka-aineen painopistettä, jotta kuormauksen kantomatka pysyisi koko murskaustyöajan mahdollisimman lyhyenä.
- Syöttösiilon korkeustaso, johon vaikuttavat rakennekorkeus, ainespaikan pohjakorkeus (taso, johon saakka aineksia todennäköisesti otetaan huomioiden pohjavesitaso ja siitä mahdollisesti aiheutuvat rajoitukset) ja syöttösiilon pystytystyöt sekä lastaustien rakennustyön minimointi. Syöttösiilon korkeutta määrättäessä otetaan huomioon tietenkin materiaalin kulku etumurskaimelle. Syöttösiilon välpän kaatosuunta määritetään huomioiden ylisuurien kivien sijoituspaikka.
- Esimurskaimen sijoituksen määrää syöttösiilo (uusissa ML-75 laitoksissa se on samalla alustalla). Esimurskain tulisi pyrkiä sijoittamaan suoraan syöttösiilon alapuolelta lähteväksi. Menetelmä, jossa materiaali pudotetaan syöttösiilosta hihnalle ja nostetaan sitä käyttäen ylös esimurskaimelle vie runsaasti tilaa ja

saattaa heikentää laitoksen kapasiteettia. Esimurskaimeen mahdollisesti liitettävä hiekanerotin hihnakuljettimineen ja hiekkavarastokasoineen on huomioitava tilan tarpeena paikoissa, joissa raaka-aineen perusteella voi olettaa hiekan erotuksen tulevan kysymykseen.

- Jälkimurskain ja seulontalaitos (usein ne ovat samalla alustalla esim. jälkimurskainvaunu Lokomo BG 1810 PH) sijoitetaan ainespaikan muodosta ja tilasta riippuen siten, että lastaus hihnalta tai siilosta autoon on joustavaa ja että auton vaihto käy nopeasti. Kaksivaiheisen murskauslaitoksen (esim. ML-6 ja ML-9) vaatima kokonaistilantarve on n. 30 x 40 m^2.
- Voima-asemat sijoitetaan riittävän etäälle murskauslaitoksesta ja mikäli mahdollista pää tuulensuunnan yläpuolelle pölyämisestä aiheutuvien moottorivaurioiden estämiseksi. Voima-asemat on maadoitettava huolellisesti siitä annettujen ohjeiden mukaan. Voimajohtokaapelit tulee sijoittaa siten, etteivät ne ole esteenä tai haittana millekään työnsuoritusvaiheelle. Johdot on sijoitettava tukevien pukkien avulla riittävän ylös maasta.
- Öljysäiliön sijoituksessa ja suojauksessa tulee noudattaa palavien nesteiden varastoinnista annettuja määräyksiä. Säiliöauton pääsy öljysäiliölle täyttöä varten on järjestettävä.
- ML-6 laitoksen ohjausvaunu sijoitetaan siten, että näkyvyys syöttösiilolle, jälkimurskaimelle ja lastaussiilolle tai -hihnalle on hyvä.
- Varastovaunu sijoitetaan n. 50 m:n etäisyyteen laitoksesta sopivaan kohtaan.
- Ylösottajan koppi voidaan sijoittaa lastaussiilon tai -hihnan viereen, jolloin ylösottaja voi kopista käsin suorittaa kuorman lastauksen.
- Laboratorio-, toimisto-, majoitus- ja saunavaunut sijoitetaan riittävän etäälle laitoksesta (200-500m) mieluummin pää tuulensuunnan yläpuolelle pöly- ja meluhaittojen välttämiseksi. Veden hankinta vaunuihin on myös järjestettävä ja se saattaa myös vaikuttaa sijoituspaikkaan.

- Kuorma-autojen odotus- ja kääntymispaikat on mitoitettava riittäviksi. Jos kysymyksessä on läheisyyteen sijoitettavalle varastopaikalle ajo, autoja ei tarvita 2-3 enempää. Pitkälle ajomatkalle taas tarvitaan runsaasti kuljetuskalustoa, joka kerääntyy murskauspaikalle taukojen ja keskeytysten aikana saattaen tukkia ajotiet. Laajempi odotuspaikka olisi parasta sijoittaa murskauspaikan ulkopuolelle kuitenkin näköetäisyydelle. (Esim. sijoitusratkaisuja ML-9, ML-6, ML-9 + ÖS.as.)

2.3 Alueiden raivaus- ja tasaustyöt sekä ajoteiden rakentaminen ja vahvistaminen

1. Yleisperiaatteena tulisi olla, että murskaukseen käytettävältä alueelta raivataan pois puut, kannot ja pintamaat sekä mahdollinen lumi ja jää. Sulan maan aikana suoritettavassa murskauksessa nämä toimenpiteet ovat toteuttamiskelpoisia. Sen sijaan talvikautena suoritettavissa murskauksissa lumen ja pintamaiden poisto koko murskausalueelta aiheuttaa ainesten routaantumisen jopa 2 m:n syvyyteen pinnasta vaikeuttaen kuormausta ja tehden matalarintauksiset ainespaikat käyttökelvottomiksi. Tällaisissa tapauksissa voidaan käyttää seuraavia menettelytapoja:

- Kuormauksen yhteydessä erotellaan pintamaat ja lumi sekä siirretään ne ennakolta määrätylle kaatopaikalle. Pintamaita ei kuitenkaan saada tällä menetelmällä tarkkaan erotettua, vaan niitä kulkeutuu aina jonkin verran murskauslaitokseen.
- Suoritetaan kulloisestakin säätilanteesta riippuen lumen sekä pintamaiden poisto alueelta, joka saadaan käytetyksi 1-5 vrk:n kuluessa, jolloin routaantumista ei ehdi tapahtua.

Murskauslaitoksen asemapaikka tasataan sekä tarvittaessa vahvistetaan kantavuutta. Murskeen lastauspaikan kantavuus varmistetaan sekä järjestetään lähtötasanne lastauspaikalta lähteville autoille.

2. Ajotiet, odotus- ja kääntymispaikat tasataan sekä

vahvistetaan niiden kantavuutta. Murskeen lastauspaikan kantavuus varmistetaan sekä järjestetään lähtötasanne lastauspaikalta lähteville autoille.

2. Ajotiet, odotus- ja kääntymispaikat tasataan sekä vahvistetaan niiden kantavuutta. Ajotie murskauspaikalta yleiselle tielle, jos on kysymyksessä murskeen ajo työkohteeseen, vahvistetaan sekä tarpeen vaatiessa rakennetaan sivuutuskohtia, joiden paikat ja keskinäinen etäisyys arvioidaan autojen lukumäärän sekä näkemäolosuhteiden mukaan (näköyhteys sivuutuspaikalta toiselle). Joskus voi olla edullista järjestää yksisuuntainen liikenne, jos käytettävissä on käyttökelpoista tiestöä tai tiepohjaa meno- ja paluuliikenteelle erikseen. Ajotiet on varustettava tarvittavilla liikennemerkeillä.

3. Raaka-aineen kuormauspenger voidaan tehdä jätemaista ennakolta tai murskauslaitoksen pystytyksen yhteydessä riippuen resursseista joita on käytettävissä.

4. Mikäli murskesora varastoidaan lähialueelle, on paikan täytettävä seuraavat ehdot:

- Varastoalue tulee olla tasamaata tai se pitää olla mahdollista tasata ja maapohjan on oltava kuivaa sekä kantavaa.
- Varaston tulee sijaita sellaisen tiestön varrella, että sen käyttö suunniteltuina ajankohtina on mahdollista.
- Voimajohtolinjan on oltava lähellä, mikäli kysymyksessä on päällystemurskeiden varastointi ja myöhempi sekoitus samalla paikalla.
- Varastopaikalla on pohja raivattava ja tasattava, lumi ja jää poistettava sekä tarvittaessa eristettävä pohja soralla tai hiekalla. Päällystemurskeita varastoitaessa on varattava tila (n. 30 x 50 m2) asfaltti- tai öljysora-asemalle.
- Varastoalueista ja teiden käyttöoikeudesta on tehtävä sopimus maanomistajan kanssa. Välivarastoinnin tilantarve sekä materiaalin hukkaprosentit on esitetty taulukoissa 1 ja 2.
- Pintamaiden läjityspaikka valitaan mieluummin ainespaikan ulkopuolelta.

2.4 Työpaikan kunnossapito ja työpaikkajärjestelyt

1. Rintaus

Milloin pintamaata raivataan sora-alueelta rintauksen etenemisen mukaan, on raivattua aluetta oltava matalissa rintauksissa vähintään 2 metrin ja syvissä vähintään 5 metrin leveydeltä rintauksen yläreunasta. Työturvallisuuden vuoksi rintaus on pidettävä sellaisessa kaltevuudessa, ettei sortumavaaraa pääse muodostumaan. Talviaikana suoritettavissa murskauksissa on rintauksen jäätyminen pyrittävä estämään siten, että kuormaus tapahtuu jatkuvasti koko rintauksen leveydeltä. Jos rintauksen materiaali vaihtelee hiekan ja karkean soran välillä, on kuormauskoneella suoritettava karkea suhteitus siten, että kuormataan syöttösiiloon rintauksen eri kohdista annosteltu seos niin, että tuotteen rakeisuus pysyy ohjealueella. Mikäli hieno ja karkea raaka-aine kuormataan erikseen syöttösiiloon, tapahtuu tuotteen lajittumista. Rintauksessa olevat epäpuhtaudet, kuten pintamaat, kannot ja lumi, on eroteltava ja kannettava niiden läjitysalueelle. Kuormauskoneen työskentelyn valvonta ja ohjaus on sekä rintauksen kunnossapitoon että tuotteen laatuun vaikuttava toimenpide.

2. Pintamaat, kannot, jäätyneet maat ja ylisuuret kivet

Pintamaat ja kannot on siirrettävä ennakolta suunniteltuun paikkaan. Jäätyneet mineraalimaat, rintauksesta eroteltavat sekä välpältä erottuvat ylisuuret kivet on, mikäli niitä ei rikota ampumalla tai muulla tavalla, varastoitava ennakolta suunnitellulle alueelle siten, että niiden myöhempi käyttö on mahdollista. Erikoisesti on huolehdittava siitä, ettei pintamaita ja käyttökelpoisia aineksia (ylisuuria kiviä ja jäätyneitä mineraalimaita) kasata samalle paikalle.

3. Tuotteiden varastointi

Varastointi aloitetaan ennakolta kunnostetulla alueella kerroksittain. Talviaikana on varmistettava, ettei varastokasan alle jää lunta. Varastoinnissa kerrosvahvuus pidetään n. 1 metrinä ja reunan yli "kippausta" ei saa tapahtua. Lunta tai jäätä ei saa jäädä kerrosten väliin. Varastoalueelle johtavat tiet pidetään kunnossa.

4. Ajotiet

Ajoteiden kunnossapitoon kuuluvat työt, kuten höyläys, hiekoitus talvella ja kantavuuden tarvittava parantaminen, on tehtävä riittävän ajoissa, ettei ajoteiden pettämisen vuoksi jouduta toimintaa keskeyttämään. Huonot ajotiet lisäävät ajokaluston tarvetta ja nostavat kuljetuskustannuksia.

5. Murskeen ylipurkautuminen hihnoilta, ränneistä ja seuloilta on eliminoitava siten, ettei vuotopaikkoja jää.

6. Tarvikkeiden varastointi

Varastovaunussa säilytetään työkalut, pultit ja muut pienet varaosat. Isommat varaosat, kuten murskaimen leuat, sivukiilat ja seulaverkot, varastoidaan erikseen irti maasta (esim. parrujen päälle) varastovaunun viereen. Neste- ja kaasuhitsauspullojen varastoinnissa on huomioitava niistä annetut määräykset. Sähköhitsausmuuntaja on suojeltava kastumiselta.

7. Murskaamon käytöstä poistettujen rautaesineiden varastointi

Nämä esineet on koottava omaan varastopaikkaan riittävän etäälle laitoksesta, jotteivät ne pääse peittymään lumella tai mailla ja sotkeutumaan raaka-ainekseen. Murskauksen päätyttyä on rautaromu ehdottomasti kuljetettava pois murskauspaikalta.

8. Valaistus

Työpaikkavalaistus on järjestettävä siten, että murskauslaitos ja kulkutiet ovat hyvin valaistut ja ettei valaistus häikäise laitoksella työskenteleviä miehiä. Valaistus toteutetaan valotorneilla ja erillisillä valonheittäjillä. Voi olla tarpeen valaista myös osa kohteista esim. roikkalampuilla.

9. Työsuojelu

a. Tarvittavat työsuojelutoimenpiteet

Palosuojelu

- palavat nesteet
- - " - kaasut
- hitsaustöitten palosuojelu

Hitsaus
- silmien suojaus
- hengityksen suojaus
Koneet ja välineet
- teknillinen suojaus
- oikea käyttämistapa
Laboratorio
- myrkylliset aineet
- pölyt
Melun torjunta
Pölyn - " -

b. Tarvittavat työsuojeluvarusteet
Henkilökohtaiset suojavälineet
- suojalasit
- kuulosuojaimet
- kypärät
- asbestikäsineet
- ensiapuvälineet

c. Työsuojelun kannalta merkittäviä näkökohtia
Kaapeleiden sijoitukset
Kulkuteiden - " -
Portaiden kunto
Määräaikaistarkastukset
- käyttöönottotarkastus
- kunnossapitotarkastukset (viikoittain)
Välpät
Maadoitukset
Ilmoitukset polttoaine- ja räjähdysainevarastoista palo- ja poliisiviranomaisille

d. Lait, asetukset, määräykset ja ohjeet
Työturvallisuuslaki
Laki ja asetus työsuojelun valvonnasta
Asetus palavista nesteistä
- " - nestekaasuista
Rakennustöiden järjestysohjeet
Räjäytystöiden - " -
Teknilliset turvallisuusohjeet
TVL:n työsuojeluohjeet

e. Murskauspaikoilla esiintyviä epäkohtia ja puutteellisuuksia

Sähkökaapelit hajallaan maassa
- kompastusmisvaara
- kaapelin rikkoutusmisvaara
- sähkötapaturma

Pölyn kerääntyminen

Välppien vaarallisuus

Kaiteita puuttuu

Koneiden suojaimet eivät ole paikoillaan

Varastojen huono järjestys

Henkilökohtaisten suojavälineiden käytön laiminlyönti

Kielto- ja varoitustaulut

f. Työsuojelun parantamisehdotuksia

Välppien rakenteen muuttaminen

Syöttäjän koppi omalle erilliselle jalustalle

Sähkökaapelit pistokeliitännöisiksi

Pölynpoistomenetelmien kehittäminen

3 Kuormauskalusto ja sen valinta

3.1 Kuormauskoneen valinta

Kuormauskalusto on valittava siten, ettei se aiheuta murskauslaitoksen tuotantokapasiteetin pienentymistä. Murskauspaikan olosuhdetekijät, kuten raaka-aineen kivisyys tai lohkareisuus, rintauksen korkeus ja kantomatka sekä mahdollinen hiekan erotus ja vuodenaika, on otettava aina huomioon. Kuormauskaluston kunto on myös huomioitava (vuosimalli ja käyttötuntimäärä). Yleensä on edullisinta järjestää murskauslaitokseen syöttö pyöräkuormaajalla yksikköhintaurakkana, johon sisällytetään ylisuurien kivien ja jäätyneiden maiden siirto sovitulle paikalle. Esimerkiksi tällaisesta konetarjouspyynnöstä on esitetty liitteessä 1.

Talviaikaisissa murskauksissa matalarintauksisesta montusta, jossa raaka-aine on suurikivistä, lohkareista tai se on kosteaa sisältäen hienoja aineksia, joten jäätymisvaara on ilmeinen, on kuormauskoneen oltava riittävän tehokas myös irrotustyöhön. Ylimitoitettu kuormaaja on joka

tapauksessa halvempi ratkaisu kuin aineksen irrotus ampumalla tai erillisellä puskukoneella. Käytännön mitoitusperusteena voidaan pitää sellaisen kuormaajan valitsemista, jonka menetelmäkapasiteetti kantomatkan ollessa pisimmillään on n. 10 % suurempi kuin murskauslaitoksen menetelmäkapasiteetti huomioiden lisäksi ylisuurien kivien prosenttimäärä ja mahdollinen hiekanerotus.

Mitoitusperiaate kaavan muodossa on seuraava

$$K_{2k} = \left(1 + \frac{10 + p + h}{100} \right) \times K_{2L}, \text{ jossa}$$

K_{2k} = kuormaajan menetelmäkapasiteetti

K_{2L} = murskauslaitoksen menetelmäkapasiteetti

p = välpälle jäävien ylisuurien kivien määrä prosentteina laitokselle tuodusta määrästä

h = erotettavan hiekan osuus prosentteina laitokselle tuodusta määrästä

Liitteissä 2, 3 ja 4 on esitetty pyöräkuormaajien KUP 09, KUP 11, KUP 14 ja KUP 18 menetelmäkapasiteetit.

Mikäli laitoksen murskausohjelma useammilla murskauskohteilla on tiedossa, on edullisinta pyytää kuormaustarjous kerralla kaikkia murskauspaikkoja varten (suurempi työmäärä pienentää yksikköhintaa).

Varakoneen nopeasta saannista kuormauspaikalle mahdollisen pitempiaikaisen seisokin aiheuttavan kuormauskoneriikon sattuessa on etukäteen sovittava urakoitsijan kanssa.

3.2 Kahden kuormaimen käyttö

Mikäli kantomatka kasvaa niin suureksi, ettei käytössä olevan kuormaimen kapasiteetti riitä, on harkittava joko koneen vaihtoa suurempaan tai kahden kuormaimen käyttöä.

Yleensä tällainen tapaus voi esiintyä murskauksen loppuvaiheessa tai jos raaka-aine ei ole ollut kelvollista murskausaseman läheisyydessä.

Jos jäljellä oleva murskausmäärä on suuri, on tehtävä kustannusvertailu laitoksen siirron ja kahden kuormaimen käytön välillä. Kahden kuormaimen käytön etuna voidaan pitää sitä, ettei laitoksen toiminta pysähdy kokonaan toisen kuormaimen mahdollisesti rikkoutuessa.

3.3 Irrotus ja kuormaus eri koneella

Joskus voi lohkareisilla ja matalilla ainespaikoilla varsinkin talvikautena joutua käyttämään eri konetta suorittamaan irrotuksen, alustavan lohkareiden erottelun ja murskauskelpoisen materiaalin työntämisen kasaan, josta pyöräkuormaaja kantaa raaka-aineen murskauslaitokseen.

3.4 Autokuljetus

Autokuljetus voi tulla kysymykseen pienien määrien murskauksessa, jos murskauslaitoksen välittömässä läheisyydessä (n. < 200 m) ei ole kelvollista raaka-ainetta ja laskelmilla todetaan autokuljetuksen edullisuus laitoksen siirtoon verrattuna.

4 Murskauslaitoksen siirto

4.1 Yleistä

Tie- ja vesirakennuslaitoksen murskauslaitosten siirtokustannukset ovat jo laitosten rakenteesta johtuen huomattavan suuret. Lisäksi huonosti suunnitellun ja toteutetun siirron kustannukset nousevat 3-4 kertaisiksi hyvin suoritettuun siirtoon verrattuna.

Siirtokustannuksilla on erittäin tärkeä painoarvo murskauskustannusten kehittymiseen, varsinkin pieniä määriä kullakin murskauspaikalla tehtäessä. Tämän vuoksi on aina ennen murskaustyön lopettamista varmistauduttava siitä, onko piirin muilla toimialoilla tai mahdollisesti saman toimialan eri hankkeilla suunniteltu murskausta kyseisessä kohteessa ja voidaanko ne suorittaa välittömästi käynnissä olevan työn jälkeen.

Murskauslaitoksen siirto ja toimintakuntoon saattaminen voidaan jakaa seuraaviin työvaiheisiin:

- laitoksen purku ja kuljetuskuntoon saattaminen
- kaluston siirto
- laitoksen pystytys, huolto ja käyttöönottotarkastus

4.2 Laitoksen purku ja kuljetuskuntoon saattaminen

Purkamistyön suunnittelun lähtötiedot
- työhön tarvittava aika
- töiden suoritusjärjestys
- tarvittavat resurssit ja niistä ajoissa huolehtiminen
- tarvittavista korjaustöistä huolehtiminen

Laitoksen purkamistyöt aloitetaan yleensä sähkölaitteiden ja kaapeleiden irrottamisella kytkennöistä, niputuksella ja kelauksella. Työt on tehtävä huolellisesti tarpeettomien vaurioiden välttämiseksi.

Seuraavia purkukohteita ovat syöttösiilo, jälkimurskain ja lajitinyksikkö sekä hihnakuljettimet. Esimurskaimen ympäristön raivauksen jälkeen voidaan se laskea pyörästölleen.

Apumiehet voivat laittaa muun kaluston kuljetuskuntoon pyörästöilleen.

Tarvittavat resurssit: (ML-9 tai ML-6 laitos)
- 1 työnjohtaja
- 1 ammattimies
- 4-6 apumiestä
- 1 pyöräkuormaaja (lastauksessa käytetty kone)

4.3 Laitoksen siirto

Laitoskaluston kuljetuksen suunnittelu aloitetaan kuljetusreitin valinnalla. Kuljetusreitin valinnassa on huomioitava mm. siltojen painorajoitukset, alikulkukorkeudet ja teiden kantavuudet varsinkin kelirikkoaikoina.

Siirtoa suunniteltaessa on huomioitava siirtomatkasta riippuen kuljetuskaluston määrä ja autokohtainen kuljetuskertojen määrä. Kuljetusalustat on varattava riittävän ajoissa ja huolehdittava siitä, että ne todella saadaan paikalle suunniteltuna aikana. Ennen kuljetuksen

aloittamista on huolehdittava tarvittavista kuljetusluvista.

Kaluston kuljetusjärjestys määräytyy purkamisjärjestyksen perusteella. Kuljetuskaluston ja kuormaajan odotusajat on minimoitava huolellisella ennakkosuunnittelulla ja työn järjestelmällisellä hoitamisella.

4.4 Laitoksen pystytys

Laitoksen uudesta sijoituspaikasta on laadittava ennakolta tarkka sijoitussuunnitelma ja tehtävä tarpeelliset esivalmistelutyöt. Murskauslaitoksen eri laitteiden paikat on parasta merkitä maastoon selvästi, jotta siirtokalusto voi tuoda kunkin laitteen kerralla suunnitellulle paikalle.

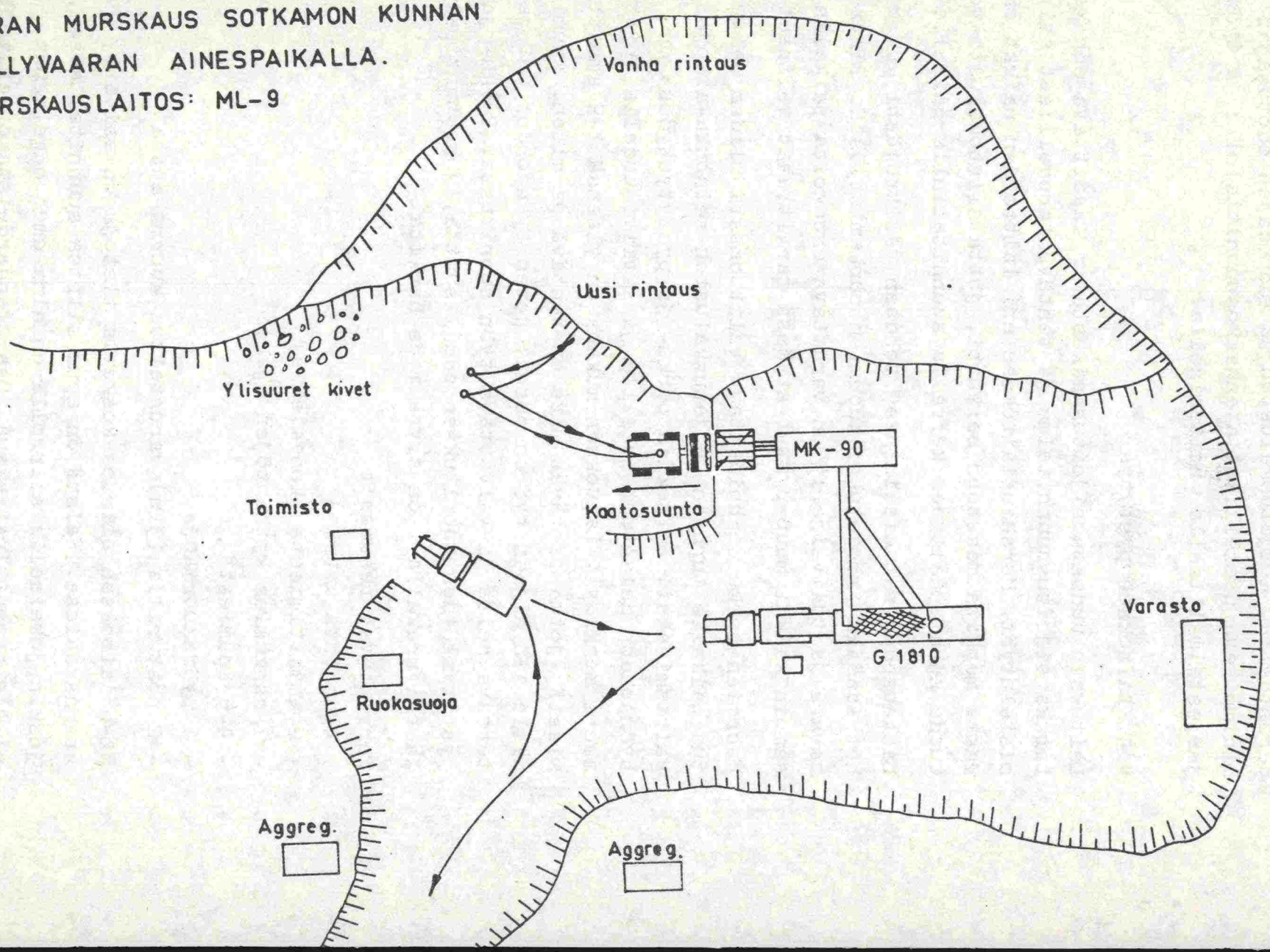
Lastauspenger tukiseinineen tehdään välittömästi kun miehet saadaan irrotetuksi kuormien purkamistyöstä. Tarvittava puutavara ja tukivaijerit on varattava ennakolta paikalle, samoin kaikki muut pystytystyössä tarvittavat välineet.

Kuormien purku on hoidettava välittömästi niiden saavuttua paikalle turhien kuljetuskaluston seisonta-aikojen välttämiseksi. Laitoksen purku- ja pystytystyössä on työnjohdon asiantuntemuksella ja aktiivisuudella erittäin suuri merkitys. Laitoksen mukana on yleensä 1-2 ammattimiestä, jotka tietävät mitä on tehtävä ja miten. Apumiehille sen sijaan työ on outoa, joten työnjohdon on opastettava heitä ja valvottava työn suoritusta. Purku- ja pystytystöiden suorituksen edullisuutta, joko tuntipalkalla tai urakalla , on syytä myös harkita.

Tarvittavat resurssit
- työnjohtaja (rkm)
- 2 ammattimiestä (konemiehiä)
- 1 sähkömies kytkentöjen ajaksi
- 4-5 apumiestä
- 1 pyöräkuormaaja
- 2 nosturilla (3tn) varustettua kuorma-autoa

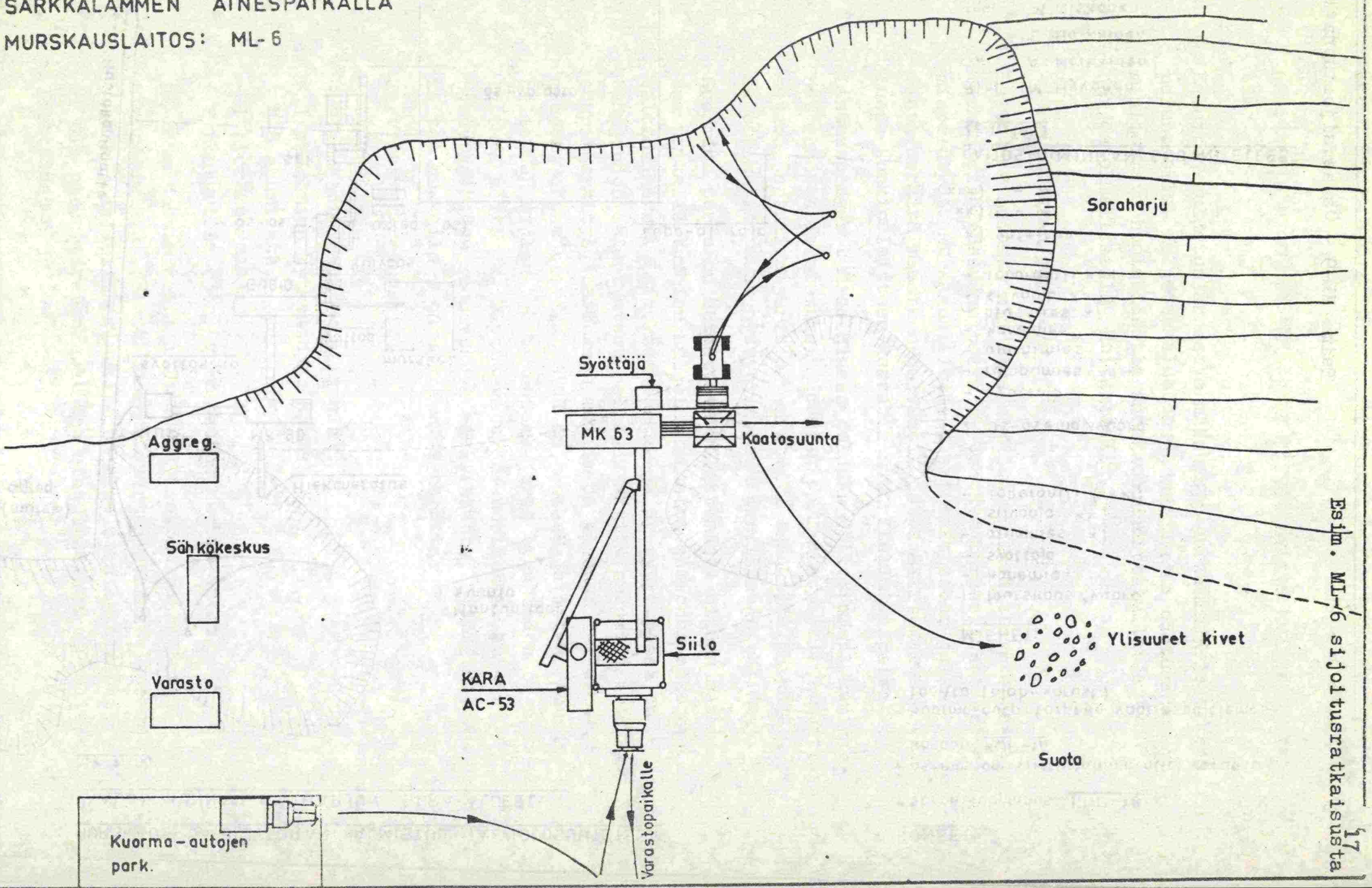
ML-6 laitoksen siirtoa koskevia tietoja on esitetty VvM:n standardeissa. Näistä on apua siirtoa suunniteltaessa, joskin jokaisella siirrolla on aina omat ongelmansa, joille ei ole patenttiratkaisua. Osa standardeista on esitetty liitteissä 5 ja 6.

SORAN MURSKAUS SOTKAMON KUNNAN
PÖLLYVAARAN AINESPAIKALLA.
MURSKAUSLAITOS: ML-9



Esim. ML-9 sijoitusratkaisusta

SORAN MURSKAUS KUHMON KUNNAN
SÄRKKÄLAMMEN AINESPAIKALLA
MURSKAUSLAITOS: ML-6

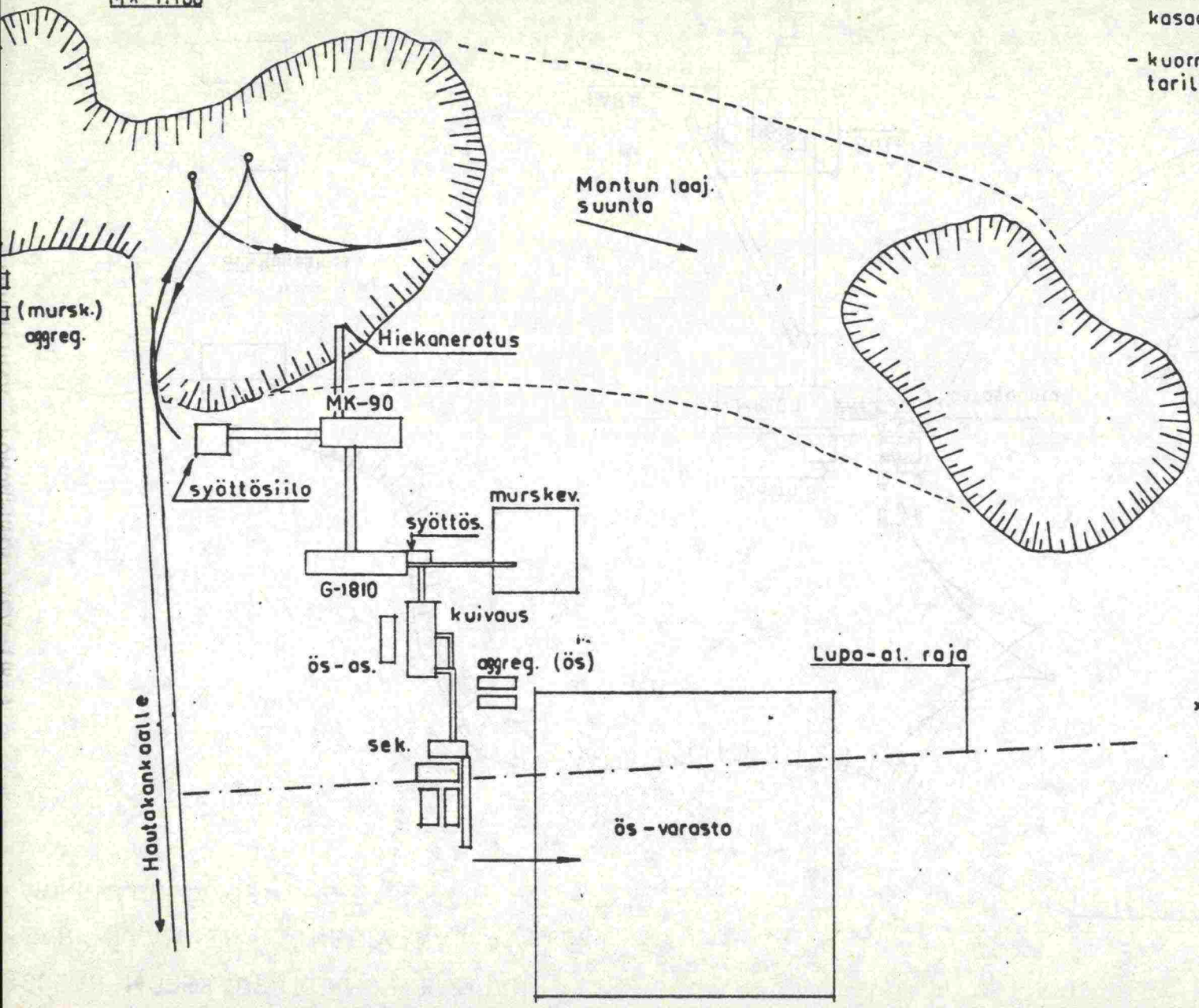


Esim. ML-6 siloitusratkaisusta

MURSKAUS- JA ÖLJYSORAN VALMISTUS TALVIOLOSUHTEISSA

VAALAN KUNNAN KIVIHARJUN SORA-ALUEELLA

Mk 1:100



KONEET:

- soran kuormaus KUP-18
- ös-massan siirto hihnan alta varastokasaan KUP-14
- kuorma-auto tarpeen vaatiessa tiemestaritta (hiab-varust.)

MIEHET:

1. Murskaus/vuoro
- konemies
- syöttäjä
- alusmies x)
- siivooja xx)
- laborantti (xxx)

2. Ös.-asema/vuoro
- syöttäjä
- rumpumies
- aminimies
- konemies
- alusmies x)
- siivooja xx)
- laborantti xxx)

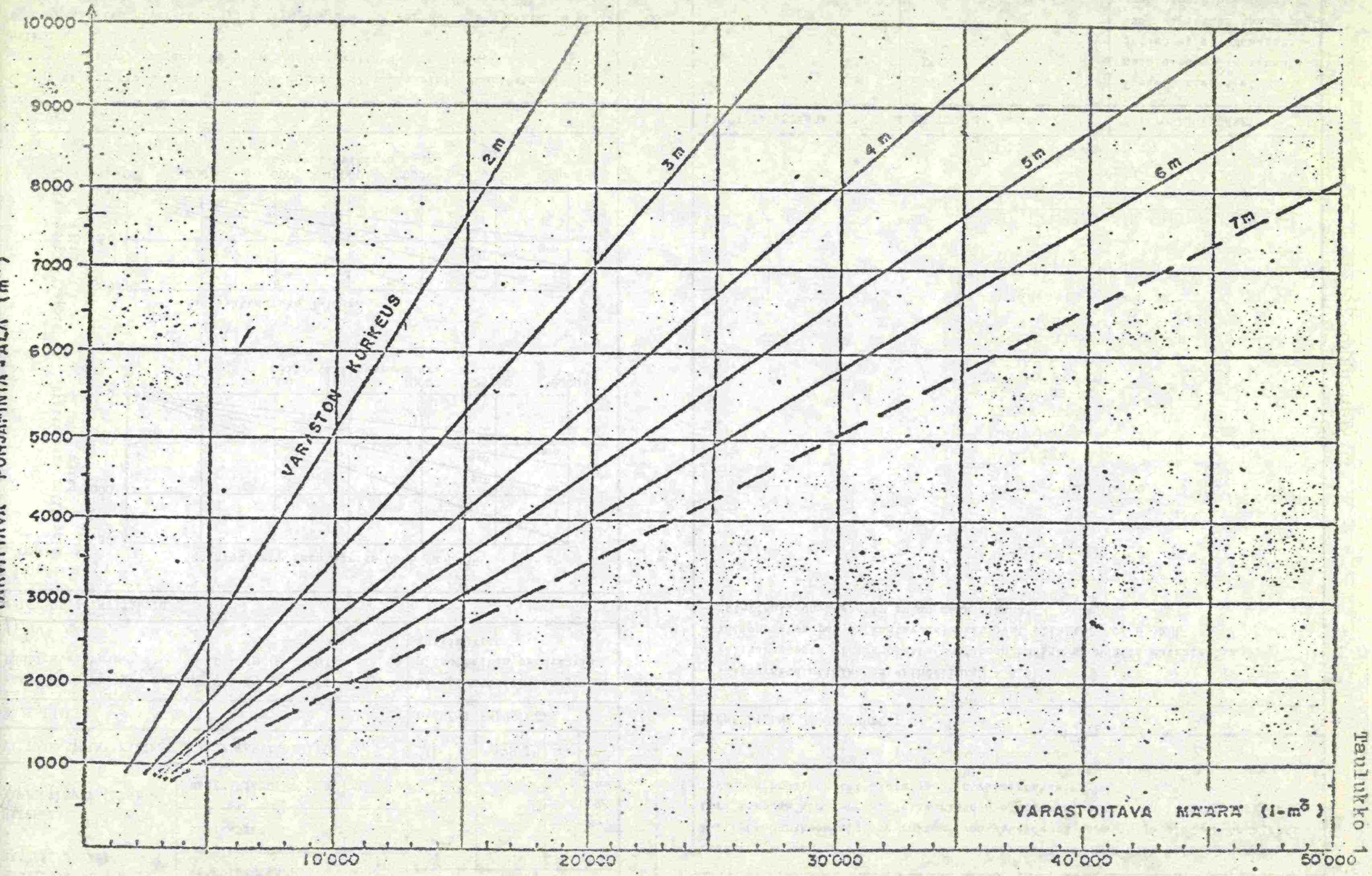
x) yhteinen
xx) -„-
xxx) -„-

LAITOSTOIMINNAN SUUNNITELLEET
22.11.1973

Rkm. M. Hyvönen
„ A. Heikkinen
„ E. Heikkinen
Ins. M. Niskanen

Esim. MI-9 + Ös.as.sijoitusratkaisust

18



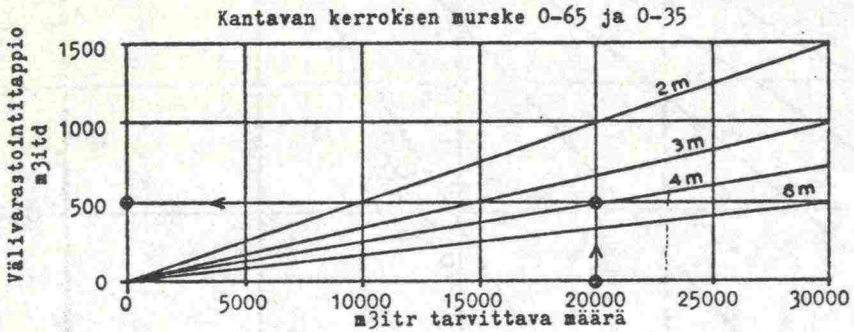
Taulukko 1

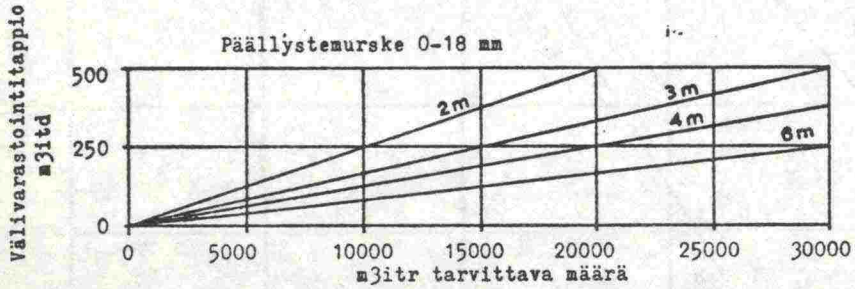
TAULUKKOA TEHTÄESSÄ ON OLETETTU VARASTOALUE SUORAKAITEEN MUOTOISEKSI (SIVUT 1:2) SEKÄ, ETTÄ MATERIAALI ON VARASTOITU 1 METRIN PAKSUISIIN KERROKSIIN SITEN, ETTÄ ERI KERROSTEN VÄLILLÄ ON 0,5 METRIN LEVYI-

VALTIONHALLINNON MAARAKENNUSALA	MATERIAALITAPPIO	varasto	lajittelutunnus	rek. no	
MATERIAALI-TAPPIOTIEDOT (LTS)	LISÄMASSAT	MTH TVH VR	-	2574 2012	
	VÄLIVARASTOINTI (Mu)	KR VesiH		2079 2011	
VÄLIVARASTOINNIN AIHEUTTAMA MATERIAALIHÄVIÖ		Laatija	TVH/J	4	70

MATERIAALI	LAADINTAPERUSTEET
Kantavan kerroksen murske 0 - 65 (0 - 35) Päällystemurske 0 - 18 (0 - 30)	29 kpl mittauksiin ja ylösottoihin perustuvia tutkimuksia

VÄLIVARASTOINTITAPPIO





KÄYTTÖESIMERKKI

0 - 65 mm mursketta tarvitaan 20000 m3itr. Välivarastointi suoritetaan 4 m korkeaan kasaan. Paljonko on 0 - 65 mm mursketta valmistettava?

Ratkaisu:

X-akselilta piirretään pystyviiva 4 m:n kasan korkeutta osoittavalle kuvaajalle; leikkauspisteestä piirretään vaakaviiva y-akselille, mistä

TYÖKOKONAISUUS

Kantavan kerroksen murskeen välivarastoalueelta on raivattu pois pintamaat. Päällystemurskeen alue on raivaustyön yhteydessä tasattu ja pintaan on ajettu tarvittaessa sorakerros. Välivarastoon ajettu materiaali on käytetty joko kantavaan kerrokseen tai SAb:n ja Ös:n valmistukseen.

TYÖMENETELMÄ JA OLOSUHTEET

- Välivarastointiaika on vaihdellut 2 - 8 kk
- Välivarastosta ei ole otettu pohjamaan kanssa seonnutta materiaalia
- Välivaraston pohjan kantavuusluokat ovat olleet B, C, D ja E
- Materiaali on käytetty sulan maan aikana

LIITTYVÄT STANDARDIT	KÄYTTÖALA	KÄYTTORAJOITUKSET
	LTS KTS	Tiedoituksessa ei ole huomioitu niitä tapauksia, joissa esim. kunnossapitoon käytetään kasan pohjaan jäänyt materiaali

Taulukko 2

Liite n:o 1

URAKKATARJOUSPYYNTÖ N:O KP 3/74

Tarjoajan nimi ja osoite: .....

..... puh. .....

Tarjousta koskeva työ: Kivisoran kuormaus ML-9 murskaajaan Sotkamon tiemestaripiirissä Pöllyvaaran tienpitoaineiden ottopaikalla Sotkamon kunnassa.

Murskattava määrä:	0-18 mm	(Ös-murske)	n. 6.000 m3itd
	0-18 mm	(kp-murske)	n.15.000 m3itd
	0-35 mm		n. 4.000 m3itd
	0-65 mm		n. 5.000 m3itd

Vaadittava kone: Pyöräkuormaaja vähintään KUP 18.
Kuormaus tapahtuu murskaajan syöttösuppiloon. Yksikköhintaan kuuluu maan irroitus kuormauskoneella, siirto syöttösuppiloon, ylisuurien kivien siirto välpän alta rakennuttajan osoittamaan paikkaan murskaamon välittömässä läheisyydessä ja murskaukseen kelpaamattomien ainesten poisto.
Mittaus tapahtuu valmistuneen murskemäärän mukaan auton lavalla.
Työ suoritetaan II-vuorotyönä. Työ alkaa 16.04.1974.

Lähempiä tietoja antaa Sotkamon tiemestaripiirin tiemestari Pentti Komulainen, puh. Sotkamo 99 tai insinööri Mauri Hihnala, puh. Kajaani 23161/123.

Työssä kaytettävä kone: merkki: .....
..... Malli: .....
sarjanumero: ..... käyttötuntimäärä: .....
valm.vuosi: ..... täyskorjattu v.: .....
työpaino: ..... kauhakoko: .....
Tunti hinta: Yksivuorotyö: ..... mk/h
Kaksivuorotyö: ..... mk/h

Varakone: .....
Evl.n:o ja verotuskunta: .....

Pankki ja tilin numero tai ps-tilin numero: .....
.....

TYÖ	Massat	Yksikköhinta mk/m3itd
Kivisoran kuormaus murskaajaan 0-50 m		
0-18 mm (ös murske)	n. 6.000 m3itd	.....
0-18 mm (kp-murske)	n. 15.000 m3itd	.....
0-35 mm	n. 4.000 m3itd	.....
0 65 mm	n. 5.000 m3itd	.....

Nousuraha yli 50 m kantamatkalta jokaiselta alkavalta 10 metriltä ..... p/m3itd/10 m.

Tämä tarjouksemme on sitova.

....., ...kuun .....päivänä 1974

Urakoitsijan allekirjoitus: .....

VALTION MAARAKENNUSALA	KUORMAUS JA KANTAMISTYÖ	Vesill		2049	
		TVH	KUP 09	2521	
K2-KAPASITEETTI-STANDARDI	221301	VR		2135	
		KR		2117	
	KUP 09	Laatija	TVH/J	7	70

KUORMAUS JA KANTAMISTYÖ

K2-KAPASITEETTI

MATERIAALI

Ht, Hk, Sr, Mr, M, MSr

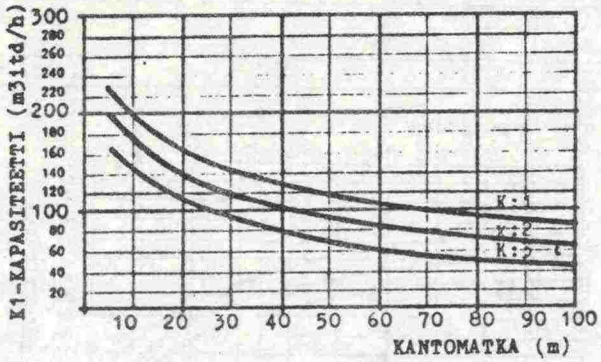
LAADINTAPERUSTEET

Työntutkimukset: KUP 09 55 kpl + kaikki KUP:t n. 200 kpl

PERUSAJAN OSAT

- kauhan täyttö
- kanto kauha täynnä
- kauhan tyhjennys
- paluu kauha tyhjänä

K1-KAPASITEETTI



MENETELMÄNLISÄAJAT

- auton vaihto
- irroitus
- lemppaus
- työpaikan tasaus
- välppäkivien siirto

a1-KERROIN

KULJETUSVALINEESEEN KUORMAUS

Kantomatka (m)	Kaivuluokka K:1	Kaivuluokka K:2	Kaivuluokka K:3
5-10	0.87	0.85	0.77
10-20	0.93	0.91	0.84
20-40	0.97	0.95	0.86

VÄLPÄLLE KUORMAUS

Kantomatka (m)	Kaivuluokka K:2 Välppäkiviä % x)	5	10	20	Kaivuluokka K:3 Välppäkiviä % x)	5	10	20
10-20	0.87	0.83	0.79	0.73	0.76	0.72	0.69	0.63
20-40	0.89	0.85	0.81	0.74	0.81	0.77	0.74	0.67
40-80	0.93	0.89	0.84	0.77	0.88	0.84	0.80	0.74

JALOSTUSLAITOKSEN KUORMAUS

Kantomatka (m)	Kaivuluokka K:2 Välppäkiviä % x)	5	10	20	Kaivuluokka K:3 Välppäkiviä % x)	5	10	20
10-20	0.94	0.90	0.86	0.78	0.79	0.75	0.72	0.66
20-40	0.96	0.91	0.87	0.80	0.84	0.80	0.76	0.70
40-80	0.98	0.93	0.89	0.82	0.90	0.86	0.82	0.75

x) Välppäkivien siirtoon käytetään muuta kuin kuormaavaa KUP:ia

KÄYTTÖESIMERKKI

KUP 09:llä kuormataan Sr (K:2 ja välppäkiviä 10 %) välpälle 30 m:n päähän.

Mikä on K2-kapasiteetti?

RATKAISU: K1 = 116 m3itd/h

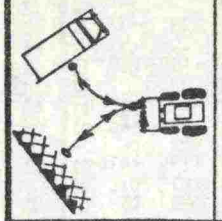
a1 = 0.81

K2 = 0.81 x 116 m3itd/h = 94 m3itd/h

TYÖKORKAUS

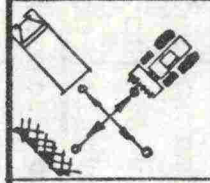
Kuormaus tapahtuu kasasta tai rintauksesta. Mikäli apuna käytetään erillistä irroittavaa konetta, on sen toiminta järjestettävä siten, ettei kuormaus häiriydy. Kuljetuskaluston lukumäärän ja lavakokojen valinta sekä erityisesti vaihtojärjestelyt on suoritettava siten, ettei kuormaus häiriydy. Erillisenä työnä suoritettavat tasaustyöt, jotka suoritetaan kuormaamatta massoja, eivät kuulu standardin alueeseen.

TYÖNKULKU JA TYÖMENETELMÄT



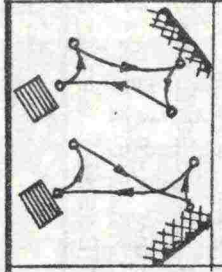
TYÖMENETELMÄ 1

Auto on paikallaan tai peruuttaa kuormaajan alle 45 - 60° kulmassa rintaukseen nähden kuormaajan liikkuessa kuvan mukaisesti. Menetelmä on yleensä nopeampi kuin seuraava työmenetelmä 2, koska KA ei joudu tarkkaan yhteistoimintaan kuormaajan kanssa. Menetelmä soveltuu erityisesti runkoohjatuille KUP:lle.



TYÖMENETELMÄ 2

Sekä kuormaaja että auto liikkuvat suorassa kulmassa toisiinsa nähden. Kuormaustapa vaatii kovaa pohjaa sekä hyvän yhteistoiminnan auton ja kuormaajan välillä.



TYÖMENETELMÄ 3 ja 4

Nämä työmenetelmät ovat variaatioita toisistaan ja paikalliset olosuhteet määräävät niiden välisen valinnan. Niitä käytetään välpälle ja jalostuslaitokseen kuormattaessa ja vain poikkeustapauksissa ajoneuvoon kuormattaessa.

Seuraavia seikkoja tulee huomioida:

- pohja on pyrittävä pitämään mahdollisimman tasaisena
- auton on oltava mahdollisimman lähellä rintausta
- autojen lavakokojen on oltava suunnilleen samanlaiset
- auton ja kuormaajan liikkeiden on oltava mahdollisimman lyhyitä ja samanaikaisia.

LIITTYVÄT STANDARDIT	KÄYTTÖALA	KÄYTTÖRAJOITUKSET
KUP:in K2-kapasiteetti-standardit TVH rek.no:t 2520, 2521, 2522, 2612	TLTS Työkohdesuunnittelu Työnjärjestelysuunnittelu esim. 1. Kulj.kaluston mitoitus 2. KUP:in valinta jalostuslaitokselle	K2-kapasiteettia ei saa käyttää päivittäisten työsaavutusten laskemiseen ilman C2-kerrointa eli on huomattava, että vain osa työvuoron kestosta on tehollista aikaa

Liite n:o 2

VALTION MAARAKENNUSALA	KUORMAUS JA KANTAMISTYÖ	Virasto	Sijoitus	Rek.no	
K2-KAPASITEETTI-STANDARDI	221401	Vesi H TVH VR KR	KUP 11	2050 2522 2136 2118	
	KUP 11	Laatija	TVH/J	7	70
KUORMAUS JA KANTAMISTYÖ		K2-KAPASITEETTI			

MATERIAALI

Ht, Hk, Sr, Mr, M, MSr

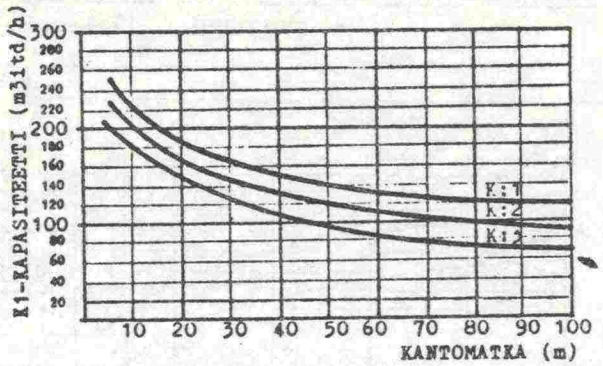
LAADINTAPERUSTEET

Työntutkimukset: KUP 62 kpl + kaikki KUP:t n. 200 kpl

PERUSAJAN OSAT

- kauhan täyttö
- kanto kauha täynnä
- kauhan tyhjennys
- paluu kauha tyhjänä

K1-KAPASITEETTI



MENETELMÄNLISÄAJAT

- auton vaihto
- irroitus
- lemppaus
- työpaikan tasaus
- välppäkivien siirto

a1 -KERROIN

KULJETUSVÄLINEESEEN KUORMAUS

Kantomatka (m)	Kaivuluokka K:1	Kaivuluokka K:2	Kaivuluokka K:3
5-10	0.79	0.78	0.76
10-20	0.84	0.81	0.80
20-40	0.89	0.87	0.87

VÄLPÄLLE KUORMAUS

Kantomatka (m)	Kaivuluokka K:2				Kaivuluokka K:3			
	Välppäkiviä %				Välppäkiviä %			
	x)	5	10	20	x)	5	10	20
10-20	0.79	0.75	0.72	0.66	0.74	0.70	0.67	0.62
20-40	0.83	0.79	0.75	0.69	0.80	0.76	0.73	0.66
40-80	0.90	0.86	0.82	0.75	0.88	0.84	0.80	0.74

JALOSTUSLAITOKSEN KUORMAUS

Kantomatka (m)	Kaivuluokka K:2				Kaivuluokka K:3			
	Välppäkiviä %				Välppäkiviä %			
	x)	5	10	20	x)	5	10	20
10-20	0.86	0.82	0.78	0.72	0.79	0.75	0.72	0.66
20-40	0.91	0.87	0.83	0.76	0.84	0.80	0.76	0.70
40-80	0.95	0.91	0.86	0.79	0.90	0.86	0.82	0.75

x) Välppäkivien siirtoon käytetään muuta kuin kuormaavaa KUP:ia

KÄYTTÖESIMERKKI

KUP:11:lla kuormataan Sr (K:3 ja välppäkiviä 20 %) välpälle 70 m:n päähän.
Mikä on K2-kapasiteetti?
RATKAISU: K1 = 150 m3itd/h

VALTION MAARAKENNUSALA	KUORMAUS JA KANTAMISTYÖ	Virasto	Sijoitus	Rek.no	
K2-KAPASITEETTI-STANDARDI	22 15 01	Vesi H TVH VR KR	KUP 14	2046 2612 2132 2114	
	KUP 14	Laatija	TVH/J	7	70
KUORMAUS JA KANTAMISTYÖ		K2-KAPASITEETTI			

MATERIAALI

Ht, Hk, Sr, Mr, M, MSr

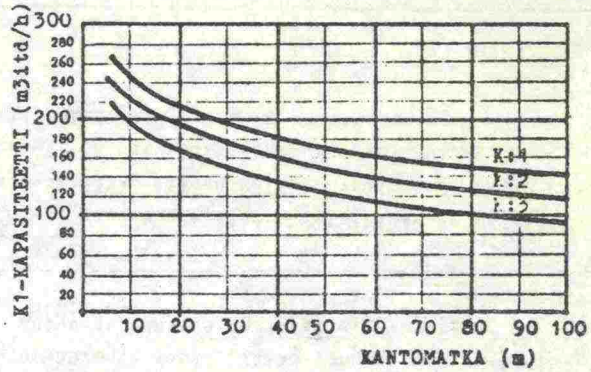
LAADINTAPERUSTEET

Työntutkimukset: KUP 14 48 kpl + kaikki KUP:t n. 200 kpl

PERUSAJAN OSAT

- kauhan täyttö
- kanto kauha täynnä
- kauhan tyhjennys
- paluu kauha tyhjänä

K1-KAPASITEETTI



MENETELMÄNLISÄAJAT

- auton vaihto
- irroitus
- lemppaus
- työpaikan tasaus
- välppäkivien siirto

a1-KERROIN

Kantomatka (m)	Kaivuluokka K:1	Kaivuluokka K:2	Kaivuluokka K:3
5-10	0.76	0.75	0.75
10-20	0.82	0.81	0.79
20-40	0.90	0.89	0.85

Kantomatka (m)	Kaivuluokka K:2				Kaivuluokka K:3			
	Välppäkiviä %				Välppäkiviä %			
	x)	5	10	20	x)	5	10	20
10-20	0.76	0.72	0.69	0.62	0.74	0.70	0.67	0.62
20-40	0.82	0.78	0.74	0.66	0.79	0.75	0.72	0.66
40-80	0.89	0.85	0.81	0.74	0.87	0.83	0.79	0.73

Kantomatka (m)	Kaivuluokka K:2				Kaivuluokka K:2			
	Välppäkiviä %				Välppäkiviä %			
	x)	5	10	20	x)	5	10	20
10-20	0.86	0.82	0.78	0.72	0.79	0.75	0.72	0.66
20-40	0.91	0.87	0.83	0.76	0.84	0.80	0.76	0.70
40-80	0.95	0.91	0.86	0.79	0.90	0.86	0.82	0.75

x) Välppäkivien siirtoon käytetään muuta kuin kuormaavaa KUP:ia

KÄYTTÖESIMERKKI

KUP 14:lla kuormataan Sr (K:2 ja välppäkiviä 5 %) välpälle 60 m:n päähän.
Mikä on K2-kapasiteetti?
RATKAISU: K1 = 150 m3itd/h

Liite n:o

Liite n:o 4

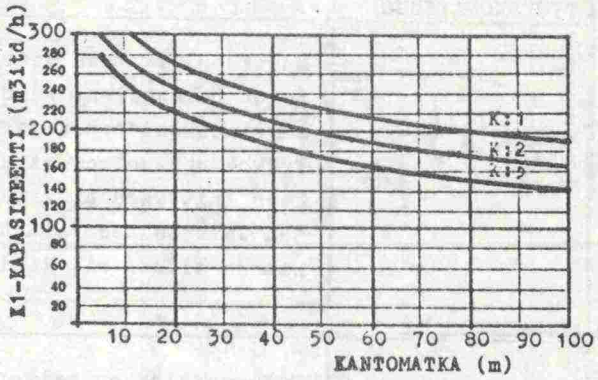
VALTION MAARAKENNUSALA	KUORMAUS JA KANTAMISTYÖ	VIRASTO	SIJOITUS	REK:NO	
K2-KAPASITEETTI	22 16 01	VesiH TVH VR KR	KUP 18	2047 2613 2133 2115	
	KUP 18	Laatija	TVH/J	7	70

KUORMAUS JA KANTAMISTYÖ	K2-KAPASITEETTI
MATERIAALI	LAADINTAPERUSTEET
Ht, Hk, Sr, Mr, M, MSr	Työntutkimukset: KUP 18 11 kpl + kaikki KUP:t n. 200 kpl

PERUSAJAN OSAT

- kauhan täyttö
- kanto kauha täynnä
- kauhan tyhjennys
- paluu kauha tyhjänä

K1-KAPASITEETTI



MENETELMÄN LISÄAJAT

- auton vaihto
- irroitus
- lemppaus
- työpaikan tasaus
- välppäkivien siirto

a1-KERROIN

KULJETUSVÄLINESEEN KUORMAUS

Kantomatka (m)	Kaivuluokka K:1	K:2	K:3
5-10	0.72	0.71	0.71
10-20	0.79	0.78	0.76
20-40	0.89	0.88	0.85

VÄLPÄLLE KUORMAUS

Kantomatka (m)	Kaivuluokka K:2 Välppäkiviä % x)	5	10	20	Kaivuluokka K:3 Välppäkiviä % x)	5	10	20
10-20	0.72	0.65	0.65	0.60	0.70	0.67	0.64	0.58
20-40	0.79	0.75	0.72	0.65	0.77	0.73	0.70	0.64
40-80	0.87	0.82	0.79	0.73	0.86	0.82	0.78	0.72

JALOSTUSLAITOKSEEN KUORMAUS

Kantomatka (m)	Kaivuluokka K:2 Välppäkiviä % x)	5	10	20	Kaivuluokka K:3 Välppäkiviä % x)	5	10	20
10-20	0.82	0.79	0.75	0.69	0.77	0.73	0.70	0.64
20-40	0.89	0.85	0.81	0.74	0.85	0.79	0.75	0.69
40-80	0.95	0.91	0.86	0.79	0.90	0.86	0.82	0.75

x) Välppäkivien siirtoon käytetään muuta kuin kuormaavaa KUP:ia

KÄYTTÖESIMERKKI

KUP 18:llä kuormataan Sr (K:2 ja välppäkiviä 20 %) välpälle 40 m:n päähän.
Mikä on K2-kapasiteetti?

RATKAISU: K1 = 210 m3itd/h

a1 = 0.65

K2 = 0.65 x 210 m3itd/h = 137 m3itd/h

Liite n:o 5

		Virasto	Jijoitus	Rek.no	
VALTION MAARAKENNUSALA	MATERIAALIN JALOSTUS	TVH VH VR HKR KR	9130	2644 - 2234 2024 2190	
RAKENTAMISVAIHE-STANDARDI	SORAN MURSKAUS				
	ML-6	Laatija	TVL/07	5	72
MURSKAUSLAITOKSEN SIIRTO		PURKAMINEN, KULJETUS JA PYSTYTYS			

LAADINTAPERUSTEET

Standardi on laadittu 12 erillisen työntutkimuksen perusteella, joista 10 on tehty Pohjois-Karjalan piirissä ja 2 Kymen piirissä.

TYÖKOKONAISUUS

Murskauslaitoksen siirto käsittää laitoskokoonpanon purkamisen, kalustokuljetuksen uuteen murskauskohteeseen ja laitoksen kokoamisen. Työkokonaisuuteen eivät sisälly ennen ja jälkeen laitoksen siirron suoritettavat työt, kuten laitosalueen kunnostus, teiden rakentaminen ja alueen siistiminen.

TYÖMENETELMÄ

Työmenetelmä on esitetty menetelmästandardeissa TVH rek.no 2645 - 2647.

OLOSUHDETEKIJÄT

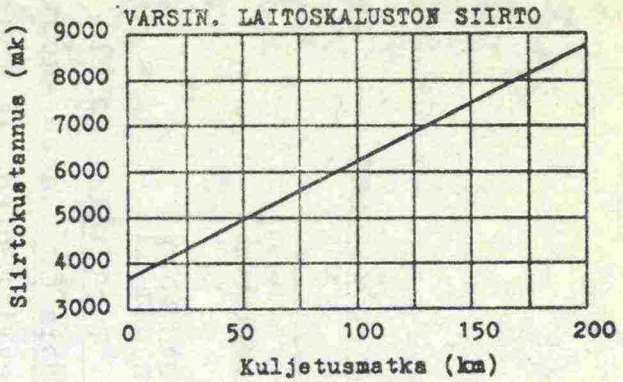
Laitos on kokoonpanoltaan A-tyyppiä. Laitoskuormia 8 + 8 kpl. Kuljetusmatka 100 km. Laitostyypillä, vuodenajalla ja sääolosuhteilla ei ole merkittävää vaikutusta siirron kokonaiskustannuksiin.

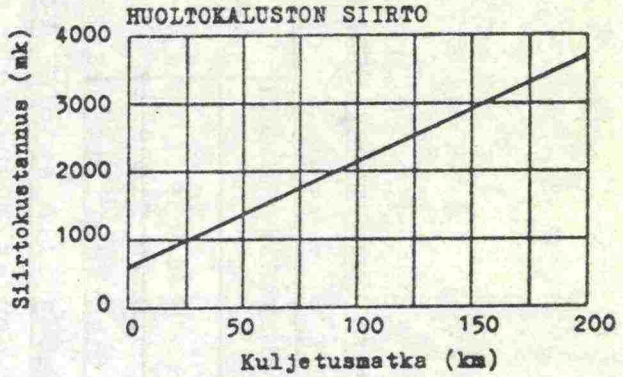
LIITT. STANDARDIT	KÄYTTÖALA	KÄYTTÖRAJOITUKSET
Toim.yks.tiedot TVH rek.no 2640 Työnarvost. 2641-2643 Työmenet.tiedot 2645-2647	TAS-ajoituslaskelmat Kustannuslaskelmat	

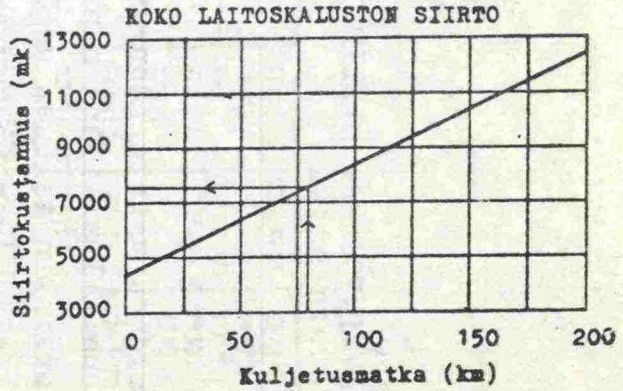
TYÖNVAIHE, TYÖNVAIHEEN KESTO JA TOIMINTAYKSIKKÖ	TYÖ-TUNNIT h	KUSTANNUS mk/h	KUSTANNUS mk	STANDARDI N:o
0 1 2 3 4 5 pv				
MURSKAUS				2604
PURKAMINEN				2641
Miestyö 4 AM	44	10,5	462	
RKM + TJ	22	12,5	275	
Konetyö KUP 09	11	39,0	429	
KULJETUS (100 km)				2642
Miehistön kuljetus 4 AM	22	10,5	231	
RKM + TJ	11	12,5	137	
Koneiden kuljetus KUP 09	5,5	39,0	215	
Autot 8 KA 06	119	33,5	3'986	
PYSTYTYS				2641
Miestyö 6 AM	87	10,5	913	
RKM + TJ	29	12,5	362	
Konetyö KUP 09	15	39,0	584	
Materiaali			300	
KORJAUSTYÖT				2641 2643
Miestyö 6 AM	24	10,5	252	
RKM + TJ	8	12,5	100	
ERIKOISTYÖT (Hitsaus)				2641
Miestyö 1 AM	8	10,5	84	
MURSKAUS				
0 1 2 3 4 5 pv			8'330	

HUOMAUTUKSIA

1. Miestyökustannukset on laskettu henkilösivukustannuksineen
2. Konetyökustannukset on laskettu ohjevuokrahinnoin.
3. Autojen keskimääräinen tuntikustannus on laskettu muuntamalla matkataksaan perustuvat kustannukset tuntikustannuksiksi.
4. Korjaus- ja erikoistöiden materiaalikustannuksia ei ole huomioitu.
5. Korjaustyötunteihin sisältyvät pystytystyönvaiheen pitkittymisestä (0,5 tv) aiheutuvat työtunnit.







KÄYTTÖESIMERKKI

Laitoksen siirtomatka 80 km
Siirtokustannus 7600 mk
Työn kesto 4 pv (jana-aikataulu)

HAVAINTOJA JA MIELIPITEITÄ OMAN MURSKAUSKALUSTON KÄYTÖSTÄ

A. Etuja

Tarjoaa vaihtoehdon urakoinnin rinnalla ja on samalla eräänlaisena kilpailijana hintatason säilyttämisessä. Tämä tulee esille varsinkin talousalueilla, joilla ei ole useampia murskausurakoitsijoita. Samoin kaukana asutuskeskuksista oleville pienille murskauskohteille (< 10.000 m^3-itd) ei urakoitsija ole halukas tekemään tarjousta kohtuullisella yksikköhinnalla.

Omaa murskauskalustoa voidaan käyttää myös edullisimmin kohteissa, joissa tulee välillä esiintymään taukoja tai murskausohjelmaan tulee muutoksia, jotka urakoitsijan kalustoa käytettäessä aiheuttavat hankaluuksia ja lisäkustannuksia.

Omaa kalustoa käytettäessä voidaan seurata murskauksen hintatason kehitystä, jolloin urakoitsijoiden tarjouksia on helpompi arvostella.

Oma murskauskalusto pystyy toimimaan piirissä eräänlaisena "palokuntakalustona" tilanteissa, joissa ei ole aikaa tarjousten pyytämiseen ja käsittelyyn tai paikoissa, joihin urakoitsijaa ei saada ollenkaan tai tarjouksen yksikköhinta on niin korkea, ettei tarjousta voida hyväksyä.

Kunnossapitotoimialalla saattaa esiintyä talvikautena aikoja, jolloin kunnossapitokalustolle ja -miehille ei ole tehokasta käyttöä. Koska miehet ovat pysyviä, saattaa eräs vaihtoehto olla täl-laisina kausina suorittaa murskausta (kantavuuden parantamiseksi tai sorateiden kunnossapitomurskausta) omalla kalustolla, jos kalusto on valmiiksi pystytettynä jollakin ainespaikalla. Mm. Kainuussa on vanhoja 2 x MK 50 laitoksia edelleen käytössä tällaisiin tarkoituksiin. Laitokset (2 kpl) on pysyvästi sijoitettu tiemestaripiirien keskeisille murskauspaikoille.

Eräs näkökohta, jota ei useinkaan huomioida, on se, että oman murskauskaluston käyttö ylläpitää laitosten toimintaa koskevaa ammattitaitoa ja -tietoutta piirin työnjohdon ja työntekijöiden keskuudessa.

B. Haittoja

TVL:n murskauskaluston pääosan muodostavat ML-6 laitokset (28 kpl) ja niitä vastaavat laitokset (4 kpl), jotka on hankittu vv 1965 - 66. Uudempaa kalustoa edustavat ML-9 ja ML-75 laitokset, joita on yhteensä 7 kpl. Näiden lisäksi on joitakin sekalaisia laitosyhdistelmiä, joiden käyttö on vähäistä.

Kuten näistä luvuista ilmenee, ovat TVL:n murskauslaitokset pääosaltaan vanhoja, suhteellisen tehottomia sekä hankalia siirtää ja pystyttää. Eräs haitta on esim. ML-6 laitokseen sopivan maksimikivikoon pienuus, joka jättää monelle murskauspaikalle paljon käyttökelpoisia kiviä murskaamatta. Kaluston iästä johtuen korjaukset ovat kalliita ja myös hitaita. Pienistäkin vioista voi aiheutua pitkiä seisokkeja eikä peruskorjauksia aina suoriteta rahoitusvaikeuksista johtuen silloin kun kalusto on käyttämättömänä. Myöskään vikojen ennalta ehkäisyyn ei kiinnitetä riittävästi huomiota.

C. Ehdotuksia oman murskauskaluston toiminnan tehostamiseksi

1. Murskauslaitokset

ML-6 laitos

- tehokas hydraulinen syöttösiilon välppä vähentää miestarvetta ja estää tapaturmia
- lajitinyksikön ja jälkimurskainyksikön sijoittaminen samalle alustalle, jolloin lajitinyksikön hankala pystytys ja siirto jää pois
- murskesiilo voidaan korvata varastotaskulla, jolloin tuote kuormataan hihnakuljettimelta suoraan autoon, kuten uusissa ML-75 laitoksissa.

ML-9 laitos (MK-90 + G1810)

- syötinyksikön ja etumurskaimen välinen hihna poistetaan, jolloin hydraulisella välpällä varustettu syötinyksikkö sijoittuu välittömästi etumurskaimen eteen kiviaineksen valuessa suoraan vaunusyöttimeltä MK-90:n syöttöseulalle
- MK-90:n pystytysaseman madaltamiseksi asennetaan lyhyt lähtökuljetin, kuten uusissa ML-75 laitoksissa
- hydraulisen nosturin asentaminen MK-90 alustalle
- tehokkaan ja kestävän hiekaneroittimen kehittäminen etumurskaimen syöttöseulalle

- jälkimurskainvaunun BG 1810 PH nostojalkojen hydrauliikan muuttaminen siten, että käyttöön tarvittava voima voitaisiin ottaa lisäksi joko vetoautosta tai käsipumpusta. Toimenpide vapauttaa laitoksen siirrossa vetoauton heti etumurskaimen hakuun. Nykyisin vetoautoa ei saa irroitetuksi jälkimurskainvaunusta ilman aggregaatin antamaa sähköä.
- jälkimurskainvaunun BG 1810 PH lajitinyksikön seulan nosto n. 30 cm ylemmäksi.
  Nykyisen kaksitasoseulan alataso on liian alhaalla, jolloin seulalta valuva materiaali hienoja 18-25 mm murskeita tehtäessä tukkii seulojen välisen tilan työntäen materiaalia sivuille.
- BG 1810 PH:n varastotasku olisi muotoiltava siten, että kuormauskuljettimelle tulee vähemmän kuormitusta.
  Nykyisin hihnan käynnistys tuottaa talviolosuhteissa vaikeuksia.
- siirtojen helpottamiseksi olisi pääkuljetin ja paluukuljetin saatava samalle kuljetuspyörästölle (päällekkäin), jolloin yksi siirto jäisi pois.

2. Henkilöstö

Oman murskauskaluston käyttöhenkilöstön muodostavat tavallisesti:

- kuormauskoneen kuljettaja
- konemies
- syöttäjä
- alusmies
- kuormaushihnan tai -siilon käyttäjä, joka useimmin toimii myös ylösottajana
- apumiehiä vaihteleva määrä (0 - 10 kpl)

Kainuun piirin murskauslaitoksilla on käytössä tapa, jossa konemies on piirin korjaamon miehiä ja kaksi työmaan miestä vuorottelee syöttäjän ja alusmiehen tehtävissä.

Valvontahenkilöstöön kuuluvat:

- rakennusmestari tai työnjohtaja
- laborantti

Käyttöhenkilöstön määrä urakoitsijoihin verrattuna on suurempi. Usein urakoitsijan murskauslaitoksen miehitys on

seuraava:
- kuormauskoneen kuljettaja
- konemies
- syöttäjä

Uusilla TVL:n laitoksilla, esim. ML-75:llä, pitäisi ainakin teoriassa pystyä toimimaan samalla miesmäärällä kuin urakoitsijakin.
Jos verrataan urakoitsijan vastaavanlaista murskauskalustoa TVL:n kalustoon, voidaan usein todeta, että urakoitsija saa laitoksesta irti suuremman tuotantotehon, korjausten aiheuttamat katkot ovat lyhyempiä sekä siirrot ja pystytykset nopeampia. Jotta omalla kalustolla päästäisiin likimain samoihin tehoihin, tulisi kaluston parantamisen lisäksi ottaa huomioon henkilöstöpolitiikan kehittäminen ja kiinnittää päähuomio murskauslaitoksen käyttöhenkilöstön palkkaus- ja asennekysymyksiin.

Urakoitsija käyttää miltei poikkeuksetta tuntipalkan lisäksi ns. piiskarahaa, joka kiihottaa miehiä lisäämään tuotantoa, mutta kuitenkin siten, että kalustosta pidetään huolta keskeytysten välttämiseksi. Tällaisen palkkaustavan käyttö TVL:n laitoksilla on kiellettyä. Suoraa urakkaa käytettäessä voi esiintyä mm. seuraavia hankaluuksia:
Laitoksella toimivien miesten jaottelu urakkalaisiin ja tuntipalkkalaisiin on hankalaa. On esiintynyt tapauksia, jolloin urakkapalkkaa on sovellettu jopa ylösottajaankin. Suora urakka kiihottaa tietenkin miehiä saamaan laitoksesta irti mahdollisimman suuren tehon. Tällöin ei kiinnitetä tuotteen laatuun minkäänlaista huomiota, samoin saatetaan ajaa koneet pahastikin hajalle, sillä työehtosopimuksen 14 §:n 8-kohdan mukaan häiriön sattuessa on miehille maksettava urakkatyön keskituntiansion mukaisesti.

Yleensä voidaan murskauslaitoksilla lisäksi todeta, että käyttöhenkilöstön työsuorituksen fyysinen kasvu ei automaattisesti lisää tehoa. Tehoa saadaan murskauslaitoksella lisätyksi saamalla käyttöhenkilöstö aktiiviseksi ja tarkkaavaiseksi sekä yleensä myötämieliseksi tehon lisäämiselle ja tuotteen laadun säilyttämiselle.
Työnjohdon asenteissa on myös usein korjaamisen varaa. Työnjohdon taholta omiin murskauslaitoksiin kohdistuva arvostelu ja väheksyvä suhtautuminen heijastuvat myös murskauskaluston käyttöhenkilöstön suhtautumiseen työhönsä.

8.5.1974/M. Niskanen

E. Matilainen

MURSKAUSASEMIEN YMPÄRISTÖHAITAT JA NIIDEN ESTÄMINEN

E. Matilainen

MURSKAUSASEMIEN YMPÄRISTÖHAITAT JA NIIDEN ESTÄMINEN

1 Ympäristönsuojelun lainsäädännöstä

Nykyinen ympäristönsuojelua käsittelevä lainsäädäntö on maassamme hajanaista ja puutteellista. Yhtenäistä alan kokoavaa puitelakia ei ole olemassa, eikä sellaista ole tekeilläkään. Alan erityislainsäädäntöä ei ole vielä olemassa edes kaikilta ympäristönsuojelun tärkeimmiltä osa-alueilta. Puute lienee suurin meluntorjunnassa ja ilmansuojelussa. Ympäristönsuojelua käsitteleviä määräyksiä sisältyy runsaasti muihin tarkoituksiin laadittuihin lakeihin.

Alan erityislainsäädännöstä voidaan pitää ehkä tärkeimpinä vesilakia ja -asetusta, luonnonsuojelulakia sekä lakeja maa- ja vesialueilla tapahtuvien öljyvahinkojen torjumiseksi. Tekeillä ovat olleet ilmansuojelu- ja meluntorjuntalait sekä jätehuoltolaki.

Niistä laeista ja asetuksista, joihin sisältyy ympäristönsuojelua käsitteleviä kohtia, lienevät tärkeimmät terveydenhoitolaki ja -asetus, rakennuslaki ja laki eräistä naapuruussuhteista. Näistä on rakennuslaki ollut uusittavana. Rakennuslain uudistamisessa on mm. kiinnitetty huomiota maankaivun säätelymahdollisuuteen. Myös työnsuojelua koskevalla lainsäädännöllä on merkitystä ympäristönsuojelun kannalta, koska tämän alan lainsäädäntö edistää myös työpaikkojen ympäristönlosuhteiden parantamista.

Käytännössä lienee tärkeimmäksi lainsäädännöksi muodostunut terveydenhoitolaki ja -asetus, joiden noudattamista valvovat lääkintöhallitus,

lääninhallitukset ja kunnat tai kuntainliitot. Merkityksellisiksi ovat muodostuneet lääkintöhallituksen yleiskirjeet, jotka koskevat ilman epäpuhtauksien ja melun suositeltuja enimmäisarvoja /3,4/.

Ympäristönsuojelun lainsäädäntö on kehittymässä toimintaa tarkemmin sääteleväksi. Tästä syystä on alan näkökohdat syytä ottaa huomioon myös murskaustoiminnan suunnittelussa ja luonnollisesti myös itse toiminnassa.

2 Murskausasemien ympäristöhaitat

2.1 Yleistä

Luonnosta saatavat kiviainekset eivät yleensä jalostamattomina täytä rakennusteollisuuden niille asettamia vaatimuksia. Tästä syystä kiviainekset joudutaan yleensä seulomaan ja varsin usein murskaamaan haluttujen kiviaineksen ominaisuuksien aikaansaamiseksi ja rakeisuudeltaan sopimattoman aineksen hyväksikäyttämiseksi. Soravarojen epätasainen jakaantuminen maassamme on johtanut eräillä alueilla kallioiden laajamittaiseen hyväksikäyttöön ja siten huomattavaan murskaustoimintaan alueellisesti.

Maassamme on vuosittain murskattu noin 8 milj. m^3itd käytettäväksi tienrakennustoimintaan. Työn suorittamiseen on käytetty noin 140 murskausasemaa. Suurin osa näistä asemista on liikkuvia suorittaen murskausta samalla paikalla yleensä vain joidenkin kuukausien ajan. Tienrakennustoimintaan käytettävä aines murskataan pääasiassa lokakuun ja huhtikuun välisenä aikana.

Kiviaineksen murskauksesta aiheutuvat pahimmat ympäristöhaitat ovat pöly ja melu. Sekä murskausasemalla kuin myös sinne liikennöivät ajoneuvot ja kiviaineksen kuormauskoneet aiheuttavat näitä haittoja. Pöly- ja meluhaitat kestävät murskausaseman toiminnan ajan. Sen sijaan pitempiaikaista haittaa voi aiheutua murskattavan aineksen otosta maisemaan, murskatun aineksen varastoinnista, murskausaseman ja sinne johtavien työmaateiden raivauksesta. Pitkäaikaista haittaa voi tulla

myös pohjaveden likaantumisesta, jos murskausasemalta on päässyt öljytuotteita maahan.

2.2 Pöly

Murskausasemalla käsiteltävä ja siellä valmistettava kiviaines sisältää hyvin pieniä hiukkasia, jotka edullisissa oloissa voivat irtautua itse kiviaineksesta. Tämä voi tapahtua aineksen murskaus- tai lajittelutoiminnassa. Yleensä hienoaines pääsee ilmaan tuulen vaikutuksesta kiviaineksen pudotuksissa, kuten kuormattaessa esimurskaimeen, siirrossa murskaimesta kuljettimelle, pudotuksessa jälkimurskaimeen ja varastoinnissa kasaan. Sen sijaan kuljettimelta tai varastokasasta ei tuuli juuri pysy ainesta irrottamaan. Laajan varastoalueen pölyäminen saattaa kuitenkin olla huomattavaa.

Murskausasemalta ilmaan pääsevän pölyn määrää (pölyemissio) ei liene maassamme selvitetty. Asemien avonaisuuden vuoksi tämä onkin erittäin vaikeaa.

Murskausasemien ympäristössä on maassamme suoritettu verraten runsaasti pölymittauksia (pölyimissio). Mittauksissa pöly jaetaan laskeutuvaan ja leijuvaan pölyyn. Näiden välisenä rajana pidetään yleensä 10 µm ($\mu = 10^{-6}$). Tie- ja vesirakennushallituksen teettämien tutkimusten mukaan /1/ ovat laskeutuvan pölyn arvot murskausasemien ympäristössä likimäärin taulukossa 1 ilmoitetun suuruisia.

Taulukko 1 Pölylaskeumat erilaista ainesta murskaavien asemien ympäristössä vuonna 1972. Laskeuma on ilmaistu grammoina aaria ja kuukautta kohden.

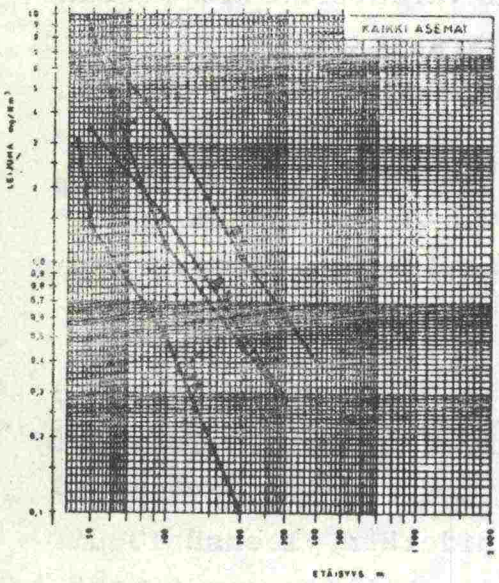
Murskattava aines	Etäisyys asemasta m			
	100	200	400	800
Sora tai somero	1520	340	180	130
Kallio	2320	510	270	200

Haitallisena pölylaskeuma-arvona pidetään yleensä 1000 g/a.kk/2,3/. Murskausasemien haitallinen alue

arvosteltuna karkean pölyn mukaan ulottuu siten noin 140...170 m päähän asemasta. Yleisesti voidaan laskeumia pitää melko pieninä.

Pölylaskeuma-arvot pienenevät varsin voimakkaasti etäisyyden asemasta kasvaessa. Samoin pienenevät myös leijuvan pölyn arvot.

Tie- ja vesirakennushallituksen teettämien mittausten mukaan /1/ on pölyleijuma murskausaseman ympäristössä tuulen alapuolella likimäärin kuvassa 1 esitetyn suuruinen.



Kuva 1

Pölyleijuma murskausaseman ympäristössä TVH:n suorituttamien mittausten mukaan vuonna 1972. Asemat on jaettu soraa ja someroa (I) sekä louhosta (II) murskaaviin. Edelleen asemat on jaettu koteloituihin ja suodattimilla varustettuihin (A), koteloituihin ja kastelulaitteilla varustettuihin (B) sekä suojaamattomiin (C).

Lääkintöhallitus on katsonut haitalliseksi pölyleijuman arvoksi lyhytaikaisessa mittauksessa 0,5 mg/m3 /3/. Tämän arvon yksikkö poikkeaa edellä kuvassa 1 ilmoitettujen arvojen yksiköstä mg/Nm3 siinä, ettei ilman lämpötilan ja paineen korjausta normaalitilaan (0°C, 760 mmHg) suoriteta. Käytännössä ero on kuitenkin verraten pieni, joten lääkintöhallituksen suosittelemaa sallittua enimmäisarvoa voidaan sellaisenaan käyttää pölyleijuman haitallisten etäisyyksien arvioimiseen. Haitallisiksi leijuvan pölyn etäisyyksiksi saadaan siten likimäärin taulukossa 2 ilmoitetut arvot.

Taulukko 2 Pölyleijuman haitalliset etäisyydet vuonna 1972 TVH:n suorituttamien mittausten ja lääkintöhallituksen arvosteluperusteiden mukaan. Etäisyydet on ilmoitettu metreinä.

Murskattava aines	Pölynpoisto		
	Kotelointi ja suodatin (A)	Kotelointi ja kastelu (B)	Ei järjestetty (C)
Sora tai somero	alle 100	100	190
Louhos	alle 200	210	350

Murskausaseman pölyhaitan edellistä tarkemmassa käsittelyssä voidaan ottaa huomioon mm. aseman yksilölliset ominaisuudet, maaston ja ilmaston vaikutukset, muun pölyävän toiminnan yhteisvaikutus, häiriintyvän kohteen laatu ja laajuus yms. seikat.

2.3 Melu

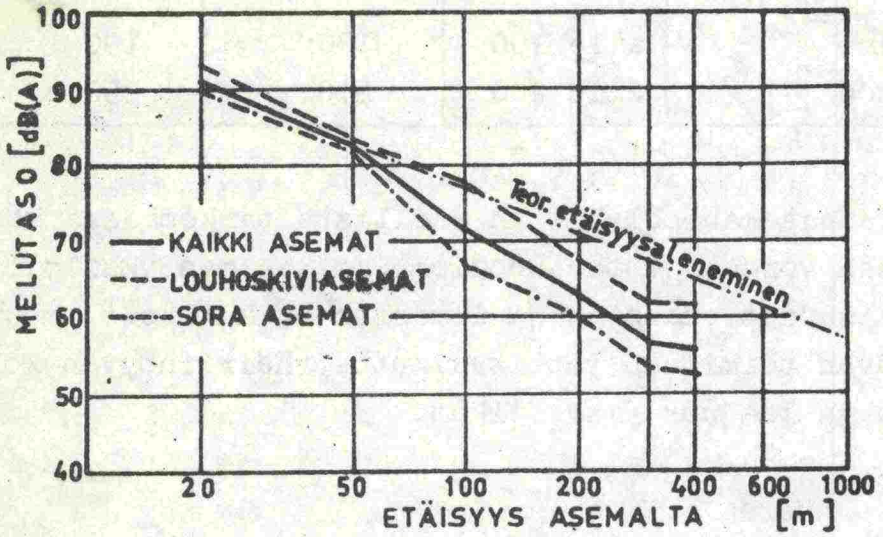
Murskausasemalla synnyttävät melua mm. murskaimet, seulasto, kuljettimet, kuormaus- ja kuljetusajoneuvot sekä aggregaatti, jos sellaista voimalinjan puuttuessa joudutaan käyttämään.

Asemalla syntyvän melun määrää (meluemissio) ei liene maassamme selvitetty. Arvon määritysmenetelmä on yleisestikin vielä vakiintumaton. Lääkintöhallituksen meluemissiosuositus /4/ määriteltynä mitattavaksi asemaalueen rajalla on luonteeltaan pikemmin määrätyllä etäisyydellä luonnossa suoritettava mittaus (meluimissiomittaus). Yksittäisiä melumittauksia asema-alueella on suoritettu melko paljon. Esimerkkeinä mainittakoon, että melutaso 2 m:n päässä etumurskaimesta vaihtelee yleensä 102...115 dB(A) ja saman matkan päässä jälkimurskaimesta 96...115 dB(A) /5/. Melutason haitallisena arvona voidaan pitää pitkäaikaisessa altistuksessa 85 dB(A) /6/. Murskausasemalla syntyvää melua voidaan pitää siten haitallisena.

Melu leviää asemalta melko tasaisesti kaikkiin suuntiin ja vaimenee etäisyyden kasvaessa asemasta. Lisäksi

melua vaimentavat kasvusto, maanpinta, rakennukset yms. esteet. Melun vaimeneminen murskausaseman ympäristössä käy ilmi kuvasta 2. Kuvassa on esitetty etäisyyden melua pienentävä vaikutus teoreettisena käyränä /5/.

Kuva 2 Melutason aleneminen murskausaseman ympäristössä vuonna 1972 TVH:n suorituttamissa mittauksissa.



Kuvasta 2 voidaan selvästi todeta kasvuston melua pienentävä vaikutus asema-alueen ulkopuolella.

Käsitykset häiritsevän melun arvosta vaihtelevat. Yleisesti on esitetty useita erilaisia luonnossa sallittavan melun enimmäissuosituksia. Äänneristysnormit /7/ sallivat asuinhuoneistossa enintään 35 dB(A), josta suljetun ikkunan aiheuttama vaimennus, noin 25 dB(A), huomioon ottaen päästään ulkona sallittavan melun enimmäisarvoon 60 dB(A). Soraa tai someroa murskaavan aseman haitallinen melualue ulottuu tällöin noin 200 m:n ja louhosta murskaavan aseman vastaavasti noin 400 m:n päähän. Lääkintöhallituksen julkaisemissa melun enimmäissuosituksissa /4/ on haitalliset arvot määritelty alueittain. Näitä perusteita käyttäen voidaan melun haitalliset alueet arvioida päivällä klo 7 - 21 välisenä aikana toimivan aseman ympäristössä taulukossa 3 esitetyn suuruisiksi.

Taulukko 3 Murskausaseman haitalliset etäisyydet lääkintöhallituksen melusuositusten alittamiseksi vuonna 1972 TVH:n suorituttamien mittausten mukaan.

Alue	Soraa tai someroa murskaava asema	Louhosta murskaava asema
Yleiset alueet	200 m	350 m
Asuntoalueet	270 m	500 m
Ulkoilu-, virkistys- ja loma-asuntoalueet	500 m	n. 1000 m

Lääkintöhallituksen enimmäissuositusta sallittavalle melulle ulkoilu-, virkistys- ja loma-asuntoalueilla pidän liian tiukkana. Tällaisella alueella on mielestäni tarpeellista harkita melutasovaatimus erikseen kussakin tapauksessa paikalliset olosuhteet huomioon ottaen. Taulukossa 3 mainitut haitallisen etäisyyden arvot tulevat siten kyseeseen käsittääkseni vain erittäin merkittävillä ulkoilu-, virkistys- ja loma-asuntoalueilla.

2.4 Haitta pohjavedelle

Murskausasemilla käsitellään jonkun verran öljytuotteita, jotka maaperään ja pohjaveteen päästessään saattavat aiheuttaa haittaa vedenkäytölle taloustarkoituksiin. Öljytuotteita tarvitaan koneiston voiteluun, lämmitykseen talviaikana ja sähkövirran tuottamiseen aggregaatissa. Lisäksi tarvitaan öljytuotteita kiviaineksen kuljetus- ja kuormausajoneuvojen poltto- ja voiteluaineina.

Öljyä pääsee maahan yleensä vain vuodon seurauksena. Maaperä pystyy sitomaan sitä tietyn määrän. Jos pohjavesi ulottuu likaantuneeseen maahan saakka tai sadevedet huuhtovat öljyä mukaansa, voi pohjavesi asemaalueella pilaantua. Pilaantunut pohjavesi kulkeutuu vettä läpäisemättömien tai huonosti läpäisevien kerrosten yläpuolella niiden viettokaltevuuden suuntaan. Veden kulkeutumisnopeus riippuu pääasiassa kaltevuuden suuruudesta ja maaperän laadusta.

Maaperässä tapahtuu pilaantuneen pohjaveden puhdistumista mm. laimentumisen, maahiukkasiin tarttumisen, hapettumisen, bakteeritoiminnan yms. seikkojen vaikutuksesta. Merkittävä osa tästä puhdistumisesta tapahtuu biologista toimintaa sisältävissä maan pintakerroksissa pohjaveden pinnan yläpuolella /8/.

Yleistä raja-arvoa sille, kuinka pitkälle pilaantuneen pohjaveden vaikutus voi ulottua, ei voida antaa. Öljyjen aiheuttama vahinko voi olla niin suuri ja pitkäikäinen, että kaikkea maaperään päässyttä öljyä voidaan pitää haitallisena.

2.5 Muut ympäristöhaitat kuin edellä mainitut

Kiviainesta kuljettavat ajoneuvot saattavat aiheuttaa käyttämiensä reittien varrella asuville normaalia suurempaa haittaa melun, tien pölyämisen ja mahdollisen rikkoontumisen, liikenneturvallisuuden alenemisen tms. syyn vuoksi.

Murskausaseman paikan ja sinne johtavien teiden raivauksesta sekä murskatun aineksen varastokasoista voi myös aiheutua haitalliseksi koettavia maiseman ja luonnon muutoksia. Itse murskausasema voi vähentää ympäristössään olevan alueen sopivuutta esimerkiksi ulkoilu- ja virkistystarkoituksiin.

Merkittävimmät muutokset luontoon ja maisemaan aiheutuvat murskattavan aineksen otosta. Useimmiten tämä suoritetaan samalla paikalla kuin murskaus tehdään. Suoritettiinpa aineksen otto kuinka tahansa, on tästä aiheutuva muutos maisemaan ja luontoon niin suuri, että seikka on syytä ottaa huomioon asemapaikkaa valittaessa.

3 Ympäristöhaittojen torjunta

3.1 Torjunnan tavoitteet ja yleisperiaatteet

Ympäristönsuojelussa vallitsee yleisesti tavoitteiden puute. Tiedetään, että nykyisin ilmaan päästettäviä

epäpuhtausmääriä, aiheutettua melua, vesiin päästettäviä haitallisia aineksia ja luonnon hyväksikäyttöä tulee pyrkiä vähentämään, mutta ei tiedetä, kuinka paljon.

Tavoitteellinen epäselvyys on vaikeuttanut haittojen torjunnan suunnittelua. Koska haittojen torjunta lisää tuotantokustannuksia edistämättä juuri itse tuotantoa, tulee nämä kustannukset pyrkiä minimoimaan. Yli- tai alimitoitetut torjuntatoimenpiteet saattavat lisätä kustannuksia merkittävästi.

Erittäin selvää sekä ympäristön- että työnsuojelun kannalta on, jos suojelun tavoitteet voidaan asettaa sallittavana raja-arvona haitan aiheuttajalle eli ns. emissionormeina.

Haittojen torjunnan suunnittelussa voitanee noudattaa seuraavia periaatteita:

- Torjuntatoimenpide ei saa merkittävästi vaikeuttaa itse prosessia.
- Torjuntatoimenpide ei saa lisätä tuotantokustannuksia enempää kuin 1 - 2 %.
- Torjuntatoimenpide tulee pyrkiä suunnittelemaan siten, että tavoite saavutetaan mahdollisimman vähin kustannuksin.
- Torjuntatoimiin ryhdytään haittoja aiheuttavien tekijöiden haitallisuusjärjestyksessä.
- Torjuntatoimet pyritään suorittamaan syntyvien arvojen pienentämisellä ja etäisyysvaimennuksen hyväksikäytöllä ja vain poikkeuksellisesti kohteen suojauksella.
- Torjuntalaitteet eivät saa aiheuttaa palovaaraa.

Oheisessa esityksessä käsitellään vain syntyvien arvojen pienentämiseen soveltuvia torjuntatapoja. Näiden menettelytapojen hyväksikäyttö murskausasemalla on tärkeää työnsuojelun kannalta. Etäisyysvaimennus voidaan ottaa huomioon sijoittamalla asema vähintään haitallisen etäisyyden päähän kohteesta (ks. taulukot 2 ja 3).

3.2 Pölyntorjunta

Kyseeseen tulevia keinoja pölyämisen estämiseksi ovat mm. kiviaineksen kastelu, pölynlähteiden kotelointi, tuulisuojausten tekeminen, kiviaineksen pudotuskorkeuden pienentäminen, pölynlähteiden kotelojen alipaineistaminen ja niissä syntyvän pölyn erottaminen pölynpoistolaitoksessa, asema-alueen pinnan sitominen jne.

Murskausasemien pölyntorjunnassa on syytä ottaa huomioon samalla myös meluntorjunta, koska pölylähteet ovat usein myös melunlähteitä.

Edullista on, jos pölynlähde voidaan tiiviisti eristää ulkoilmasta. Murskainten toiminnan tarkkailu edellyttää kuitenkin näköyhteyttä murskaimen kitaan, jolloin tiivis kotelointi ei ole mahdollista. Pölyn kulkeutumisen kannalta ei kotelon tarvitse kuitenkaan olla täysin tiivis, vaan pienikin alipaine ulkoilmaan nähden riittää kulkeutumisen ohjaamiseen. Haittana tällöin on kuitenkin pölyä sisältävän ilmamäärän kasvaminen, mistä johtuen puhdistuskustannukset suurenevat.

Jos kiviainesta sen suuren pölyämisen vuoksi joudutaan talviaikana suoritettavassa työssä kastelemaan, joudutaan huolehtimaan veden jäätymisen estämisestä. Tähän tarkoitukseen sopivia kemikaaleja on saatavana runsaasti. Ainesten vaikutus mahdollisesti päällystemassan laatuun ja pohjaveteen on kuitenkin tarpeen ottaa huomioon.

Tuulisuojausten tekemisellä ja kiviaineksen pudotuskorkeuden pienentämisellä voidaan vähentää tuulen mukaansa tempaaman aineksen määrää. Tuulisuojauksina voidaan käyttää aseman muita rakenneosia, työmaarakennuksia, varastokasoja, erillisiä levyjä, puustoa tms.

Pölynerottimen valinnassa murskausasemalle on syytä ottaa huomioon mm. syntyvän pölyn määrä ja rakeisuus sekä kotelojen alipaineistamisessa syntyvä ilmamäärä. Erityisesti on syytä huomata, että aseman haitallinen etäisyys määräytyy lähinnä leijuvan pölyn perusteella. Pölynpoistolaitoksen poistoputkessa voi pölyn liike-energia olla

huomattavasti suurempi kuin tapauksessa, jolloin pölynpoistoa ei ole järjestetty ollenkaan. Tällöin hieno pöly voi kulkeutua pölynpoistolaitoksen poistoputkesta kauemmaksi kuin suojaamattomassa tapauksessa. Tästä syystä huonon erotuskyvyn omaavia pölynerottimia ei tulisi käyttää ilman tämän kappaleen alussa mainittujen seikkojen huomioon ottamista pölynerotinta valittaessa. Mainittakoon, että tästä seikasta johtuen on TVH:n laatimissa murskausasemien ympäristönsuojeluvaatimuksissa päädytty kolmeen eri pölynpoiston rakenneluokkaan /9/.

3.3 Meluntorjunta

Meluntorjunnassa tulee kyseeseen lähinnä murskainten, seulaston ja aggregaatin äänieristäminen.

Murskainten täydellinen kotelointi ei ole mahdollista, jos näköyhteys ohjaamoon halutaan säilyttää. Prosessivaiheen tarkkailun saattaminen automaattiseksi on syytä kuitenkin tutkia. Äänen eristys tällöin voi tapahtua äänen absorptiota eli imeytymistä ja etäisyysvaimennusta hyväksi käyttäen. Äänen imeyttämiseen voidaan käyttää esimerkiksi vuori- tai lasivillalevyä. Kotelon tukirakenteet on syytä tehdä siten, etteivät ne värähdellessään synnytä melua. Kotelo voidaan tehdä myös kaksinkertaisena, jolloin saavutetaan erittäin hyvä äänen eristys.

Työkoneiden ja kuljetusajoneuvojen maltillisella käytöllä ja töiden sopivalla ajoituksella voidaan vähentää koneiden suuresta tehonkäytöstä aiheutuvaa melua.

Kuljettimien, siilojen, yms. osien kumiverhouksella voidaan vähentää rakenneosan kulumista ja syntyvää melua. Kone-elimien rasvaus vähentää kirskuvia ääniä.

3.4 Vesiensuojelu

Vesille haitallisten poltto- ja voiteluaineiden maahan pääsyn estäminen on tärkeää. Kuormaus- ja kuljetusajoneuvojen käyttämien aineiden osalta tämä on varraten

helposti mahdollista. Sen sijaan aggregaatin polttoainesäiliö on syytä varustaa tiiviillä pohjalla, esimerkiksi muovikalvolla, savella tms. aineksella. Tämän päälle levitetään vielä n. 20 cm:n suojamaakerros. Suojaus ulotetaan niin laajalle, että myös altaan täyttövaiheessa mahdollisesti maahan päässyt aines jää pintaan.

Öljyjätteiden likaama maa toimitetaan tarkoitukseen sopivalle kaatopaikalle.

3.5 Muita ympäristönsuojelua edistäviä toimenpiteitä

Työmaan liikennejärjestelyt on syytä suunnitella ennen rakenneosien sijoittamista. Selväpiirteinen rakenneosien sijoittaminen edistää liikenneturvallisuutta, nopeuttaa työvaiheiden suoritusta ja edistää työnsuojelua sekä tekee työympäristön viihtyisämmäksi. Työmaateiden rakentaminen siten, että liikennehaitat jäävät mahdollisimman vähäiseksi, saattaa olla toiminnan aloittamisen edellytyksiä. Työmaaliikenteen haittoja voidaan myös vähentää työnsuunnittelulla. Riittävän kuljetuskapasiteetin varaaminen ja kuljetusten sopiva ajoitus on tällöin tärkeää.

Työmaan yleiseen järjestykseen on syytä kiinnittää huomiota. Epäsiisti työmaa saa aikaan vaikutelman, ettei myöskään muilta osin toiminta ole asianmukaista.

Vaikka kiviaineksen varastokasat saattavatkin huonontaa maiseman arvoa, on ne syytä sijoittaa aseman ja sen toiminnasta mahdollisesti häiriintyvän kohteen väliin. Tällöin voidaan pienentää aseman pöly- ja meluhaittoja sekä estää itse aseman näkyminen kohteeseen.

Murskattavan aineksen otosta aiheutuvien maisemavaurioiden välttäminen liittyy osana asemapaikan tarkoituksenmukaiseen valintaan, joten siihen ei tässä yhteydessä tarkemmin puututa.

4 Ympäristönsuojelun kehityksestä

Murskausaseman toiminnan kannalta voidaan ilmansuojelua

ja meluntorjuntaa pitää tärkeimpinä ympäristönsuojelun osa-alueista. Vuoden 1973 tammikuussa valmistuneiden ilmansuojelu- ja meluntorjuntalakiehdotusten /10/ mukaan näyttää kehitys johtavan siihen, että toiminnanharjoittajat joutuvat itse selvittämään aiheuttamansa epäpuhtaudet ja melun,sekä osoittamaan keinot haittojen syntymisen estämiseksi. Periaate on siten sama kuin vesiensuojelussa nykyään. Velvoitteen noudattaminen käytännössä merkitsee sitä, että toiminnanharjoittajat joutuvat hankkimaan tähän tarvittavan asiantuntemuksen ja mittauslaitteet tai suorituttamaan tehtävät niillä, joilla tarvittavat resurssit on jo olemassa. Ympäristönsuojelun konsulttipalvelut ilmansuojelun ja meluntorjunnan osalta ovat tällä hetkellä paitsi rajoitettuja myös varsin kalliita. Sama tilanne tullee vallitsemaan vielä useita vuosia.

Ympäristön- ja työnsuojelun lainsäädäntö tullee lähivuosina merkittävästi täsmentymään ja tiukkenemaan, mistä johtuen suojalaitteita tullaan tarvitsemaan lähes kaikilla teollisuuden aloilla. Suojalaitteiden valmistajat tuskin pystyvät tyydyttämään suojalaitteiden kysyntää. Tämän vuoksi joutunevat toiminnanharjoittajat valmistamaan yksinkertaisimmat suojalaitteet itse.

Ympäristönsuojeluvaatimusten tuleva luonne on vielä tällä hetkellä varsin epäselvä. Luultavasti saastuttavaa toimintaa tullaan säätelemään emissio- ja imissionormein. Toiminnanharjoittaja velvoitetaan hakemaan lupa tai tekemään ilmoitus ympäristönsuojeluviranomaiselle. Toiminnan aloittamisen edellytyksenä tullee olemaan, että luvanhakija osoittaa luotettavin selvityksin päästävän alle emissio- ja imissionormiarvojen. Käytännössä tämä edellyttää sitä, että luvanhakija on selvillä ehdottamiensa suojatoimenpiteiden vaikutuksista.

Tie- ja vesirakennuslaitoksen valvonnan alaisilta murskaustöiltä vaaditaan ympäristönsuojelun huomioon ottamista voimassa olevien lakien, asetusten ja muiden julkisoikeudellisten määräysten sekä ympäristönsuojelussa

yleisesti hyväksyttyjen ja käytettyjen periaatteiden mukaisesti. Vaatimusten noudattamista valvotaan kuten muitakin urakoinnissa noudatettavia määräyksiä. Vaatimuksia tiukennetaan ja täsmennetään tarpeen mukaan kuitenkin huomioon ottaen alan yrittäjien taloudelliset ja teknilliset mahdollisuudet sekä laitevalmistajien tuotannolliset rajoitukset.

Mainituista seikoista johtuen on murskausalan yrittäjien syytä hankkia tarvittava tietous ympäristöhaittojen torjunnan suunnittelua varten sekä varautua teknillisesti ja taloudellisesti suojatoimien toteuttamiseen.

Kirjallisuusluettelo

/1/ Matilainen E., Asfaltti- ja murskausaseman pölyämisestä, pölynpoistosta ja sille asetettavista vaatimuksista. Ympäristö ja terveys 7/1973

/2/ Ulkoilman laadun arviointiperusteet. Valtion ilmansuojelun ja meluntorjunnan neuvottelukunnan (ISMET) tiedotus n:o 3/1969, Helsinki 1969.

/3/ Yleiskirje n:o 1550. Lääkintöhallitus, Helsinki 1973.

/4/ Yleiskirje n:o 1551. Lääkintöhallitus, Helsinki 1973.

/5/ Matilainen E., Asfaltti- ja murskausaseman synnyttämä melu. Ympäristö ja terveys 3/1974.

/6/ Lehtinen P. & Vaheri E., Melua koskevia määräyksiä ja suosituksia, INSKO:n julkaisu n:o 74-7, Helsinki 1974.

/7/ Äänneristysnormit (RIL 55). Suomen rakennusinsinöörien liitto, Helsinki 1967.

/8/ Pohjaveden suoja-alueita koskevat ohjeet. Kaupunkiliiton julkaisu B 37, Helsinki 1970.

/9/ Murskausaseman ympäristönsuojeluvaatimukset (TVH 2.799), Tie- ja vesirakennushallitus, Helsinki 1973.

/10/ Komiteanmietintö 1973:6. Ilmansuojelu- ja meluntorjuntatoimikunta, Helsinki 1973.

A. Tuokkola

TYÖSUOJELUSTA MURSKAUSTYÖSSÄ

A. Tuokkola

TYÖSUOJELUSTA MURSKAUSTYÖSSÄ

1 Yleistä

Rakennustöissä tapahtuu vuosittain yli 40 000 tapaturmaa. Näistä joka viides tapahtuu maarakennustöissä. Kun otetaan huomioon maarakennusalan työntekijämäärä voidaan todeta, että maarakennusala on hyvin tapaturma-altista.

Tämän esityksen tarkoituksena on valottaa käytännön työsuojelutoimenpiteitä ja niiden toteuttamista murskaustöissä ja jättää turvallisuuslainsäädännön tarkastelu vähemmälle. Voidaan kuitenkin todeta, että työturvallisuuslain 9 §. 1 momentin mukaan työnantajan on tarkoin otettava huomioon kaikki mitä työn laatuun, työolosuhteisiin, työntekijän ikään, sukupuoleen, ammattitaitoon ja hänen muihin edellytyksiinsä katsoen kohtuudella on tarpeellista työntekijän suojelemiseksi joutumasta alttiiksi tapaturmille tai saamasta työn johdosta haittaa terveydelleen.

2 Vaarat murskaustyössä

Murskaustyön vaaratekijät voidaan ryhmitellä:

2.1 Mekaaniset vaaratekijät

- dynaamiset: mekaanisesti liikkuvat kappaleet, vaaralliset nielut, liikkuvat työvälineet, käsin liikuteltavat osat, putoavat, irtoavat tai sinkoutuvat osat tai kappaleet
- staattiset: vaaralliset raot, terävät kulmat ja reunat, huono kulkuvarmuus ja putoamisvaara kuten kulkupinnan epätasaisuudet, kuopat, kohoutumat, irralliset päällysteet, liukkaat pinnat, riittämätön tekninen varmuus.

2.2 Sähköiset vaaratekijät

- välitön kosketus
- sähkölaitteen rakennevirheestä johtuva sähköiskun vaara
- valokaaresta johtuva vaara
- sähköstaattisesta kipinöinnistä aiheutuva vaara

2.3 Kemialliset vaaratekijät

- räjähdykset
- syövyttävät aineet
- ärsyttävät aineet
- myrkyt
- myrkyttömät pölyt

2.4 Fysikaaliset ja ilmastotekijät

- melu
- tärinä
- lämpötekijät (kosteus, lämpötila, ilman liikkeet)

2.5 Fysiologis-psygologiset tekijät

- fyysinen kuormitus
- psyykkinen kuormitus

Eniten tapaturmia murskaustyössä aiheuttavat mekaaniset vaaratekijät. Melu ja pöly aiheuttavat pitkähkön ajan kuluessa myös työkyvyttömyyden. Viihtyvyyshaittana työntekijät kokevat yleisimmin vedon ja kylmyyden.

3 Työsuojelusta ja sen tehostamisesta

Työsuojelutoimenpiteet jaetaan kahteen ryhmään: työtä ennakoiviin ja työnaikaisiin toimiin. Eettiset seikat ja työn kitkaton suorittaminen huomioon ottaen on edullista järjestää työtilanne niin, että työn aiheuttamat vaarat poistettaisiin ennen työnteon alkamista. Tämä edellyttää ns. vaarattoman teknologian käyttöä tai ihmisen ja vaaralähteen eristämistä toisistaan. Tällöin tärkeimmäksi työsuojelutoimenpiteeksi muodostuu työpaikan suunnittelu ja koneiden

ja välineiden hankinta ja suunnittelu. Nykyisiin murskauslaitoksiin joudutaan tällöin tekemään muutoksia, kuten

1. Ohjaamo omille jaloilleen. Jos ohjaamo on laitoksen päällä, on hoitotaso eristettävä laitoksen tärinästä esimerkiksi kiinnittämällä se ohjaamoon.

2. Kivipölyn leviämisen estämistä tai tiivistä ohjaamoa ja puhtaan ilman ylipaineista syöttöä ohjaamoon (ilman suodatus, ilmamäärä 150 m3/h, ilmanpoisto ylipaineventtiilein).

3. Kivensirujen sinkoutumisen estämistä (ritilät).

4. Murskauslaitoksen melutason alentamista 85 dB(A), kotelointia ja melutiivistä ohjaamoa.

5. Ohjaamon lattian, katon, seinien ja ikkunain lämpöeristämistä sekä tiivistää "läpivientejä" ja ovia.

6. Ohjaamon lämpötilan säätömekanismia; kesällä säteilysuoja ja ohjaamoilmankierrätin ja talvella lämmön säätö.

7. Hyvää näkyvyyttä työskentelyalueelle (kitaan, hihnalle,jne.).

8. Riittävän tilavaa ohjaamoa.

9. Ergonomisesti suunniteltua ohjaustyöpaikkaa (ohjauspöytä, tärinävaimennettu ergonominen tuoli; kuva 1).

10. Huoltotoimintojen helpottamista; kulkutasot, huoltotoimenpiteiden määrän vähentäminen ja suorittamisen yksinkertaistaminen.

11. Oikein sijoitetut, riittävät tilat työ- ja turvallisuusvälineille (sammuttimet, ensiapuvälineet).

12. Siirrettävyyden ja pystytyksen helpottamista.

13. Tarkoitukseen sopivia työtiloja korjausta ja työnjohtoa varten sekä riittävää ja tarkoituksenmukaista työkaluvarausta.

14. Turvallisia kulkuteitä (kaiteet, kulkupinnat).

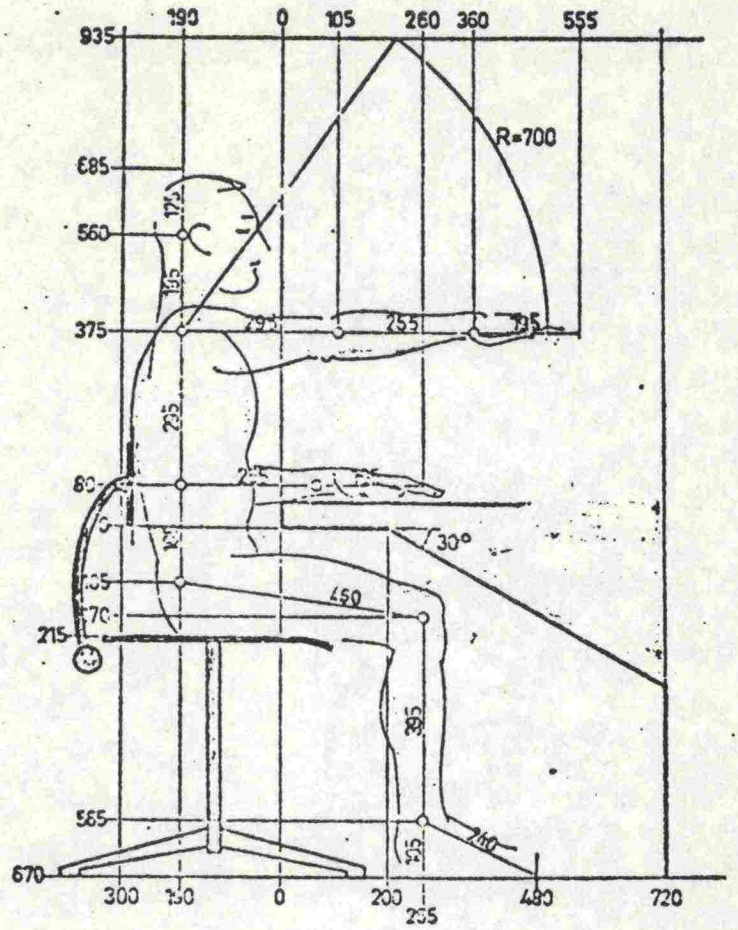
Muutokset tietysti maksavat. Muutoskustannusten suuruuteen vaikuttavat parannettavan laitoksen aikaisempi työturvallisuustaso. Toisaalta murskauslaitosten parantaminen aiheuttaa:

1. Tapaturmakustannussäästöjä.
2. Terveystarkastuskulujen säästöä.
3. Konetarkastustoiminnan säästöä.
   Työturvallisuuslainsäädännön kehittymisen mukana lisääntyvät erilaiset konetarkastukset, jotka saattavat aiheuttaa käyttökieltoja ja kalliita muutostöitä, ellei koneen rakentamisaikana ennakoida työsuojelullisia vaatimuksia.
4. Työtulokset paranevat.
   Työn helpottaminen ja viihtyvyyden paraneminen vähentävät turhia poissaoloja ja lisäävät työmotivaatiota.
5. Työsuojelukustannusten säästöä.
   Turvalliseksi järjestetyssä työssä työsuojelutoimenpiteiden määrä vähenee käsittäen oikeastaan työn aikana vain työpaikan turvallisuustason säilyttämistoimenpiteet (huolto) ja työsuojelukoulutuksen.

4 Yhteenveto

Murskaustyön työsuojelutoiminnan tehostaminen on edullista aloittaa kalustosuunnittelun ja -hankinnan avulla. On selvää, että turvallisuustasoa ei voida hetkessä parantaa ja se ei yksinomaan riitä vaan vaatii tuekseen tehokkaan valvonnan, koulutuksen ja oikeinjärjestellyn terveydenhuollon.

Kuva 1: Ohjaamotilan mitoitus



R. Turunen

MURSKAUSTYÖN LAADUNVALVONTA

R. Turunen

MURSKAUSTYÖN LAADUNVALVONTA

1 Laatuvaatimukset

Tässä esityksessä tullaan käsittelemään murskaustyön laadunvalvontaa tie- ja vesirakennuslaitoksen laatuvaatimusten valossa. Esitys perustuu tie- ja vesirakennushallituksen julkaisuun "Murskaustöiden valvontaohjeet". (TVH 2.810).

Murskaustuotteen laatuvaatimuksissa kiinnitetään huomiota seuraaviin seikkoihin:

1. murskaustuotteen puhtaus
2. murskaustuotteen rakeisuus
3. murskaustuotteen murtopintaluku
4. murskaustuotteen kiviaineksen lujuus- ja muotoominaisuudet

1.1 Puhtaus

Murskaustuote ei saa sisältää epäpuhtauksia, kuten savea, hiesua, turvetta tai ruokamultaa, eivätkä tuotteet saa käsittelyssä sekaantua keskenään. Kylmänä sekoitettavien päällystemassojen (öljysoran ja bitumiliuossoran), kiviainesten tulee humuspitoisuudeltaan täyttää vähintään betonisoran puhtausluokan III vaatimukset.

1.2 Rakeisuus

Valmiin murskaustuotteen tulee täyttää seuraavat lajitteisiin jakoa koskevat vaatimukset:

a) Lajitteen raekoon ylärajaa karkeampaa ainesta ei saa olla 5 paino-% enempää. Koko lajitteen on läpäistävä seula, jonka sivun pituus on 20 % ylärajaa pitempi.

b) Lajitteen raekoon alarajaa hienompaa ainesta ei lajitteessa saa olla 15 paino-% enempää. Sepelin osalla saa alarajaa pienemmistä rakeista enintään 5 paino-% laskettuna koko lajitteesta läpäistä seulan, jonka läpäisyaukon

sivun pituus on puolet alarajasta. Kuivaseulonnalla määrättynä saa lajite sisältää 0,074 mm:n seulan läpäisevää ainesta korkeintaan 2 paino-%. Viimeksi mainittu ei koske lajitteita, joiden alaraja on 0.

c) Kiviainesten rakeisuus arvostellaan työnaikaisten rakeisuustutkimusten perusteella. Eri lajitteiden rakeisuuden on täytettävä taulukossa 1 esitetyt vaatimukset.

Taulukko 1. Murskattujen päällystekiviainesten yleiset rakeisuusohjeet.

Seula mm	Kuumapäällysteet: Ab-lajitteet 0 - 6 mm	Ab-lajitteet 6 - 12 mm	Ab-lajitteet 12 - 25 mm	Ab-päällysteet 0-(12)15 mm	Ab-päällysteet 0-(20)25 mm	Kylmäpäällysteet: BSk 0 - 32 mm	ÖS ja BLS 0 - 20 mm	Seula mm
32			100		100	90 - 100		32
25			95 - 100		95 - 100	80 - 95		25
20			65 - 95	100	85 - 100	70 - 88	100	20
16		100	35 - 60	95 - 100	75 - 92	63 - 82	85 - 100	16
12		95 - 100	0 - 15	85 - 100	66 - 82	55 - 75	70 - 90	12
8	100	35 - 48	0 - 8	66 - 84	57 - 70	45 - 65	54 - 77	8
6	95 - 100	0 - 15	0 - 5	57 - 75	50 - 63	40 - 61	47 - 69	6
4	80 - 87	0 - 8		46 - 64	44 - 54	34 - 55	35 - 58	4
2	59 - 68	0 - 5		32 - 53	32 - 48	24 - 46	24 - 43	2
1	44 - 52			22 - 43	23 - 40	15 - 37	15 - 32	1
0,5	32 - 41			14 - 34	16 - 32	10 - 28	10 - 23	0,5
0,25	21 - 32			9 - 24	10 - 23	6 - 19	6 - 15	0,25
0,125	12 - 24			5 - 14	6 - 14	4 - 12	4 - 8	0,125
0,074	5 - 17	0 - 2	0 - 2	3 - 8	3 - 8	3 - 6	2 - 6	0,074

Jos työnaikaisessa tutkimuksessa todetaan, ettei näytteen rakeisuuskäyrä ole ko. työtä varten annetulla ohjealueella, on ensiksi tutkittava, onko näytteen otossa ja kokeen suorituksessa ollut virheellisyyksiä. Jos virheellisyyksiä havaitaan, on heti otettava ja tutkittava uusi näyte sekä hylättävä virheelliset tulokset. Jos osoittautuu, ettei näytteenotossa ja kokeen suorituksessa ole ollut virheellisyyksiä, on silti heti otettava ja tutkittava uusi näyte. Jos tämänkin näytteen tulokset poikkeavat ohjealueesta, on siitä heti ilmoitettava työn valvojalle ja työn suorittajalle, joiden tulee sopia tilanteen korjaamisesta. Tällöin on esimerkiksi muutettava murskainten säätöä tai siirryttävä uuteen raaka-aineen kuormauskohtaan. Kun työt aloitetaan uudelleen, on heti otettava ja tutkittava näyte, jolla todetaan, täyttääkö valmis tuote sille asetetut rakeisuusvaatimukset.

Taulukko 2. Murskattujen sitomattomien päällysrakennekerrosten yleiset rakeisuusohjealueet.

Seula mm	Jakava kerros	Kantava kerros	Kulutus kerros
150	95 - 100		
128	88 - 100		
100	78 - 100		
64	65 - 100	95 - 100	
32	45 - 100	65 - 100	
25	38 - 100	58 - 100	
20	34 - 93	51 - 93	
16	30 - 85	45 - 85	82 - 100
12	25 - 76	38 - 76	67 - 95
8	20 - 65	30 - 65	53 - 80
4	12 - 50	20 - 50	35 - 60
2	6 - 38	12 - 38	24 - 47
1	2 - 28	6 - 28	17 - 36
0,5	0 - 20	3 - 20	11 - 28
0,25	0 - 15	1 - 15	6 - 21
0,125	0 - 10	0 - 10	3 - 15
0,074	0 - 8	0 - 8	2 - 10

1.3 Murtopintaluku

Murskesoran 6 mm suuremmista rakeista saa enintään 30 paino-% olla täysin murskautumattomia rakeita ja täysin murskautuneiden rakeiden määrän tulee olla vähintään 30 painoprosenttia. Sitomattomaan kantavaan kerrokseen käytettävässä murskesorassa tulee täysin murskautuneiden rakeiden määrän olla vähintään 20 %. Jakavan kerroksen materiaalille ei aseteta murtopintalukuvaatimuksia.

Jos työn aikana osoittautuu, ettei valmis tuote täytä edellä sanottuja vaatimuksia, on tarvittaessa ryhdyttävä sellaisen raaka-aineen hankkimiseksi, josta valmistettu tuote täyttää vaatimukset.

1.4 Kiviaineksen lujuus- ja muoto-ominaisuudet

Murskaustuotteet jaetaan lujuus- ja muoto-ominaisuuksien perusteella luokkiin (Taulukko 3). Sirotteeksi käytettävän kiviaineksen on täytettävä luokan I vaatimukset, asfalttibetoniin ja valuasfalttiin luokan II vaatimukset sekä öljy- ja bitumiliuossoraan ja kantavan kerroksen bitumisoraan käytettävän kiviaineksen on täytettävä luokan III vaatimukset.

Taulukko 3. Kiviaineksen lujuus- ja muotovaatimukset.

Kiviaines-luokka	Los Angeles-luku	Parannettu haurausarvo	Muotoarvo	
			c/a puikkoisuus	b/a liuskeisuus
I	< 25	(< 12)	< 2,5	< 1,5
II	< 30	(< 17)	< 2,7	< 1,6
III	< 35	(< 22)	< 2,9	< 1,7

2 Laatuvaatimusten seuraamatta jättämisen vaikutukset rakenteelle

2.1 Käytettävän kiviaineksen laatuominaisuudet

Yleinen sääntö murskaustyössä - niin kuin kaikissa muissakin töissä - on, että tuotteiden tulee täyttää niille asetetut laatuvaatimukset. Kuitenkin joskus ollaan pakotettuja käyttämään kiviainesta, joka ei täytä kaikkia vaatimuksia. Saatujen kokemusten sekä eri tutkimusten perusteella voitanee mainita seuraavaa:

Kiviaineksen lujuuden määrittävät Los Angeles-luku ja haurausarvo. Yleisesti on aikaisemmin todettu, että niiden ollessa hyviä, ovat päällysteen tyhjätila ja Marshall- lujuusarvot parempia kuin niiden ollessa huonoja. Nykyään on yleistynyt käsitys, etteivät pienet poikkeamat kiviaineksen lujuusarvoissa vaikuta ratkaisevasti päällysteen laatuun. Toisaalta on selvää, että mitä suurempi on kiviaineksen lujuus sitä paremmin se kestää nastarengaskulutusta. Sitomattomien kerrosten osalta ei lujuusvaatimuksia ole.

Kiviaineksen muoto vaikuttaa päällysteen ominaisuuksiin siten, että Marshall-lujuus on teräväsärmäisillä kuutiomaisilla kiviaineksilla parempi kuin pyöreärakeisilla tai pitkulaisilla ja että tyhjätila on pienin pyöreärakeisilla kiviaineksilla.

Kiviaineksen rakeisuus vaikuttaa päällysteeseen monin tavoin. 0,074 mm:n seulan läpäisevän määrän ollessa suuri (noin 10 %) ovat Marshall-lujuus-ja tyhjätila-arvot hyviä

ja sen ollessa pieni (noin 7 %) ovat em. arvot huonoja. Yleensäkin, kun päällysteessä on paljon hienoa ainesta, voidaan siihen panna suhteellisen paljon bitumia, jolloin siitä tulee tiivis ja kestävä. Jos rakeisuuskäyrä ei täytä ohjealueen vaatimuksia, voidaan siihen lisäainetta sekoittamalla saada seoskäyrä ohjealueelle. Näin menetellen voidaan laatuvaatimukset täyttämätön kiviaines saada käyttökelpoiseksi. Voidaan myös todeta, että liian karkean kiviaineksen käyttö aiheuttaa päällysteen avonaisuutta ja liian hienorakeinen vie suhteettoman paljon bitumia.

Tehtäessä kylmiä massoja, öljysoraa ja bitumiliuossoraa, liiallinen hienoainespitoisuus vaikuttaa siten, että päällysteestä tulee pehmeä ja altis muodonmuutoksille. Siihen syntyy helposti aaltoilua sekä poikittais- että pitkittäissuunnassa. Liian karkeata kiviainesta käytettäessä massasta ei tule kiinteä, vaan se on altis purkautumaan. Sitomatonta kerrosta tehtäessä liian hienoainespitoisesta materiaalista voi käydä niin, että kerros, saadessaan runsaasti vettä, muuttuu routivaksi tai huonosti kantavaksi. Myös kerroksen tiivistettävyysominaisuudet huononevat.

2.2 Tuotteen hylkääminen

Murskaustuotteita ei tavallisesti tarvitse hylätä, koska kiviaines on ennakkokokeilla todettu lujuudeltaan käyttökelpoiseksi ja rakeisuuden puutteet taas voidaan suhteittamalla ja lisäaineilla korjata.

Jos kuitenkin jostain syystä valmistetaan tai on jo ostettu täysin ala-arvoista tuotetta, on se tutkimustulosten niin osoittaessa hylättävä. Joskus se voitanee käyttää muihin tarkoituksiin. On myös huomattava, mitä murskaustöiden työselityksessä sekä urakkaohjelmassa on sanottu arvonalennuksesta.

3 Ennakkonäytteet

Suunniteltaessa kiviainesesiintymän käyttöönottoa on

esiintymästä otettavalla ennakkonäytteellä ratkaiseva merkitys. Tästä syystä on ennakkonäytteen edustavuuteen kiinnitettävä suurta huomiota. Erityisesti on varottava, ettei irtomaakerroksista näytettä otettaessa pääse tapahtumaan subjektiivistä valintaa. Jos esim. somerosta näytettä kerättäessä jätetään pois rapautuneet, ruosteiset tai muuten ruman näköiset kivet, on selvää, että kiviaineksen tutkimustulos antaa esiintymästä liian hyvän kuvan. Tällöin voi pahimmassa tapauksessa murskauksen kohteeksi joutua kelvoton kiviaines ja hyödyttömän murskauksen kustannukset joudutaan toteamaan taloudelliseksi häviöksi. Päinvastainen tapaus ei olisi läheskään yhtä onneton. Jos epäedustavan ennakkonäytteen takia hyvä kiviainesesiintymä sillä kertaa jätetään käyttämättä, on kuitenkin varmaa, että aikojen kuluessa esiintymä yhä uudelleen joutuu tutkimuksen kohteeksi ja tulee lopulta käytetyksi.

3.1 Ennakkonäyte

Ennakkonäytteen on oltava edustava. Se on otettava siten, että se antaa luotettavan kuvan tutkittavasta kohteesta: kalliosta, sorakuopasta tai valmiiksi murskatusta tuotteesta.

Kallionäytettä otettaessa on vältettävä rapautunutta pintakerrosta. Näyte on otettava pikkuerinä tasavälisestä ruudukosta siten, että erilaiset lohkareet vastaavat mahdollisimman tarkasti eri kivilajien jakautumaa tutkittavassa kalliossa. Sorakuoppanäytteet on otettava tasavälisestä ruudukosta siten, että erilaiset lohkareet vastaavat mahdollisimman tarkasti eri kivilajien jakautumaa tutkittavassa kohteessa. Käytettävä ruudukko valitaan tilanteen mukaan n. 5-10 m ja näytteen otto suoritetaan mieluummin ns. jatkuvana näytteenä kohtisuoraan kerroksellisuutta vastaan. Varastokasoista näyte on otettava pikkuerinä tasavälisestä ruudukosta (väli 5-10 m). Erät sekoitetaan ja jaetaan näytteenjakajalla tai neliöimällä halutun suuruisiksi. Näyte-eriä ei saa ottaa varaston pinnasta vaan sen eri syvyyksiltä ja vähintään 50 cm syvyydeltä.

Jos on kysymys suuresta murskaustyöstä ja raaka-aineen laatu vaihtelee silmämääräisesti arvosteltuna huomattavasti, on otettava useampia ennakkonäytteitä raaka-aineen ottopaikan eri kohdista.

Jos murskaustyön aikana havaitaan, että raaka-aineen laatu muuttuu siitä, mitä ennakkonäytteet ovat osoittaneet, on heti otettava uusi näyte tutkittavaksi.

Ennakkonäytteestä tutkitaan sen mineraalikoostumus, ominaispaino, lujuusarvot sekä kiviaineksen raemuotoa kuvaavat arvot.

3.2 Työnaikaiset näytteet

Murskaustyön laadun valvomiseksi otetaan myös työn aikana huomattava määrä näytteitä tutkittavaksi. Työmaalla näytteet ottaa yleensä laborantti. Jokaista alkavaa murskatun kiviaineksen eri lajitteiden 200 m3itd:n erää kohti on otettava vähintään yksi näyte. Ensimmäinen näyte otetaan heti työn alkaessa. Näyte otetaan myös silloin, kun murskauskoneen säätöarvoja muutetaan tai kun murskattavan aineksen laatu muuttuu.

3.3 Määritykset

Murskaustyön aikana otetuista näytteistä tutkitaan:

- vesipitoisuus
- rakeisuus
- kiintotiheys
- muotoarvo
- murtopintaluku.

Rakeisuus ja vesipitoisuusmääritys suoritetaan jokaisesta otetusta näytteestä. Kiviaineksen kiintotiheysja muotoarvo määritetään vähintään kerran jokaista alkavaa 1000 m3itd:n valmiin kiviaineksen erää kohti. Sepeliä valmistettaessa on määritykset tehtävä mieluummin lajitteesta 6-12 mm. Murtopintalukumääritys tehdään kerran jokaista alkavaa murskatun aineksen 1000 m3itd:n erää kohti murskesoran ja sorasepelin osalta.

Edellä mainittujen työmaan laboratoriossa tutkittavien näytteiden lisäksi otetaan näytteitä lähetettäväksi

TVH:n keskuslaboratorioon aina silloin, kun eri lajitteesta on valmistunut yhteensä 4000 m3itd. Näistä näytteistä määritetään kiviaineksen kivilajikoostumus, kiintotiheys, lujuusarvot ja muotoarvo. Näytteen tulee kooltaan olla n. 20 kg ja on siitä syytä seuloa alle 6 mm:n raekoot pois.

3.4 Näytteiden ottaminen

Työnaikainen näyte voidaan ottaa auton lavalta, varastokasaan levitettävästä kuormasta tai kuljetushihnalta. Jos näyte otetaan lavalta, on kuorma tasattava ennen näytteenottoa. Jos aineksessa esiintyy erottumista, on tasaus suoritettava lavan pituussuunnassa, kumpikin puoli erikseen. Osanäytteitä otetaan 5-7 kohdasta lavan laita- ja keskiosasta. Näytteitä ei saa ottaa kuorman pinnasta.

Otettaessa näyte varastokasaan levitettävästä kuormasta menetellään seuraavasti. Kuorma tasataan. Varastokasalle levitetään useita kangassuikaleita kohtisuoraan vetosuuntaa vasten. Kankaiden tulee olla 20-30 cm leveitä ja pituudeltaan sellaisia, että ne ulottuvat koko matoksi levitettävän kuorman leveydelle. Yhtenäisnäyte kerätään eri kankailta.

Näyte voidaan myös ottaa suoraan liikkuvalta kuljetushihnalta. Tällöin yhteisnäyte on kerättävä 5-7 erillisestä osanäytteestä. Kukin osanäyte on kerättävä niin, että siihen tulee mukaan hihnalta olevaa ainesta hihnan koko leveydeltä.

Edellä esitetyillä tavoilla saadun yhteisnäytteen tulee määrältään olla 6-20 kg. Yhteisnäyte sekoitetaan huolellisesti ja jaetaan halutun suuruisiin osiin näytteenjakajaa tai jakolevyä käyttäen. Tutkimuksiin on käytettävä jakamalla saatu näyte kokonaisuudessaan.

4 Murskaustuotteiden varastointi

Tie- ja vesirakennuslaitoksessa murskataan päällystystöihin ja tien kantaviin kerroksiin tarvittavat lajitteet yleensä

etukäteen edellisenä talvena seuraavaa päällystyskautta tai jopa useampivuotisia tarpeita varten. Näin ollen saattaa olla kysymyksessä varsin suuretkin murskattavat määrät. Murskauksessa syntyvät tuotteet on varastoitava ennen käyttöä.

Jos lisäksi aiotaan perustaa varastoalueelle asfalttiasema, tulevat myös ympäristönsuojelu ja vesistönsuojelukysymykset esille. Näistä on tarkat ohjeet päällystysasiakirjoissa.

Varastointi voidaan jakaa kahteen osaan:

1. Varastopaikan valinta
2. Varastoinnin suorittaminen

Varastopaikan valinta käsittää lähinnä ennakolta tapahtuvaa suunnittelua, tutkimuksia ja neuvotteluja. Varastoinnin suorittaminen vaatii pääasiassa huolellista valvontaa murskaustyön aikana.

4.1 Varastopaikan valinta

Murskauksen suunnitteluvaiheessa on jo selvitettävä murskausaseman ja varastopaikan valinta. Varastopaikan valintaa ei siis pidä suorittaa hutiloiden ja ao. määräyksiin perehtymättä. Valintaa tehdessä tulee selvittää ainakin seuraavat asiat:

Sijainti, pohjavesiolosuhteet, alustan kantavuus, tarvittava alue, alustan tasaisuus, tiet, pintavedet , maaston kaltevuus ja voimajohdot.

4.2 Varastointityö

Itse varastointityö on pyrittävä tekemään siten, että tuotteen rakeisuus saadaan sen avulla entistä homogeenisemmaksi. Tässä onnistutaan parhaiten, jos kuormat levitetään varastoalueelle matoksi vetäen kerroksittain vuorotellen ristikkäisiin suuntiin. Kuormat voidaan myös kaataa kasoiksi ja levittää tasauskoneella. Tällöin erityisesti on valvottava, ettei karkeampi aines pääse vierimään kasan reunaa pitkin alas, jolloin erottumista pääsee tapahtumaan. Tämän estämiseksi on uutta kerrosta

levitettäessä aina jätettävä vähintään 50 cm levyinen pengermä kasan reunoille. Varastokasaa ei saa levittää päätypengerryksen tapaan.

5 Murskausteknisset ja muut keinot laadun parantamiseksi

5.1 Raaka-aineen otto

Murskattaessa kivistä luonnonsoraa on raaka-aineen kuormaukseen kiinnitettävä erityistä huomiota. Yleensä sorakuopan rintaus ei ole rakeisuudeltaan tasalaatuinen, vaan se vaihtelee hiekan ja karkean someron välillä. Tällöin kuormauskoneella on suoritettava ns. karkea suhteutus siten, että murskaamon syöttösiiloon kuormataan esim. vuorotellen kauhallinen rintauksen hienommasta ja karkeammasta kohdasta sellaisessa suhteessa, että murskesoran rakeisuus pysyy ohjealueella.

Kalliota louhittaessa kentän räjäyttämisen ja louheen kuormauksen yhteydessä karkeampi louhe pyrkii erottumaan louhoskasan pintaosiin hienomman ja varsinkin räjähdyspanosten ympärillä ruhjoutuneen kivituhkan joutuessa kasan pohjalle. Tällöin on louhe pyrittävä kuormaamaan mahdollisimman tasalaatuisena erityisesti mursketta valmistettaessa, koska louhoskasan pohjalle jäänyt hienompi kiviaines aiheuttaa valmiin murskeen rakeisuudessa haitallista vaihtelua. Sepelilajitteita murskattaessa ei edellä kuvatulla louheen lajittumisella ole siinä määrin merkitystä, koska sepelilajitteet seulotaan ja varastoidaan eri kasoihin.

5.2 Leukavälyksien muuttaminen

Yleisesti on syytä muistaa murskauslaitosta tahdistettaessa ettei ole kysymyksessä pelkästään tuotteen määrä, vaan myös sen laatu.

Periaatteessa otsikon menetelmä toimii siten, että jos kaikki murskauspintojen välykset asetetaan mahdollisimman pieniksi, saadaan murskaustuotteeseen enemmän pieniä rakeita. Rakeisuuskäyrään tämä vaikuttaa hienoainesosuutta

nostavasti. Jos taas kaikki välykset asetetaan mahdollisimman suuriksi, on vaikutus päinvastainen. Käyttökelpoisin ratkaisu löytyy tältä väliltä. Tientenkin murskauslaitoksen eri murskainyksiköillä voidaan käyttää väljää tai kireää asetusta riippuen siitä mikä kohta rakeisuuskäyrässä kaipaa korjausta. Leukojen kuluneisuus vaikuttaa oleellisesti siihen kuinka paljon rakeisuuteen voidaan tällä tavoin vaikuttaa.

5.3 Lisäseulojen käyttö murskauslaitoksessa

Kun murskattavassa materiaalissa on jotain raekokoa liikaa, mikä näkyy ennakkotutkimuksen ja myös murskatun aineen rakeisuuskäyrissä tavallista jyrkempänä nousuna tai ylöspäin suuntautuvana kyhmynä, on tällöin ryhdyttävä sitä poistamaan. Ehkä yleisimmin käytetty ja myös paras tapa on poistaa tämä ylimääräinen aines jo ennen esimurskainta. Useissa murskaintyypeissä on tätä varten tehty syöttimen yhteyteen tarvittavat laitteet, jolloin ei tarvita muuta kuin seulaverkon reikäkoon valinta sekä seulan ja poistokuljettimen asennus. Seulaverkon reikäkokoa valittaessa katsotaan rakeisuuskäyristä mikä on suurin raekoko, mitä tarvitsisi poistaa ja tähän lisätään noin 2 mm, niin saadaan seulaverkon silmäkoko.

5.4 Lisäaineiden käyttö

Jos murskattavassa materiaalissa on vähän kiviä, on vaikeuksia saada rakeisuuskäyrän yläpää ohjealueelle. Tällöin voidaan käyttää lisää kiviä tai poistaa jokin raekoko.

Jos rakeisuuskäyrä jää hiekan osalta liian alas, eikä leuka-asetuksilla saada sitä korjaantumaan tarpeeksi, voisi tulla kysymykseen hiekan lisäys. Edellä sanottu pätee sitomattomien kerrosten materiaaleja murskattaessa.

Päällystekiviaineksia murskattaessa ei murskaamattoman kiviaineksen lisäystä saa suorittaa rakeisuuskäyrän parantamiseksi murskaustyön yhteydessä.

6 Tutkimustulosten hyväksikäyttö

Murskaustyön laadun valvomisella on tarkoitus estää kelvottoman tuotteen syntyminen ja käyttäminen. Jo ennakkonäytteen tutkimisella selvitetään, että kiviaineksen lujuus- ja muoto-ominaisuudet täyttävät laatuvaatimukset. Työnaikaisilla tutkimuksilla tästä varmistaudutaan määrävälein ja lisäksi seurataan erityisen tarkasti rakeisuutta. Jos rakeisuus poikkeaa ohjealueelta, on useita eri mahdollisuuksia korjata virhe ja saada laatuvaatimukset täyttävä tuote.

R. Skyteń

KIVIAINESTEN LAATUVIRHEIDEN AIHEUTTAMAT HAITAT JA KUSTANNUKSET

sivu

R. Skyteń

KIVIAINESTEN LAATUVIRHEIDEN AIHEUTTAMAT HAITAT JA KUSTANNUKSET

1 Yleistä

Tarkastelen ainoastaan päällystystöissä käytettäviä murskaustuotteita ja niissä esiintyvien laatuvirheiden päällystystöille aiheuttamia haittoja ja ylimääräisiä kustannuksia.

Kaikessa rakennustoiminnassa lopputuloksen laatu riippuu sekä käytettävistä raaka-aineista että työnsuorituksesta. Yleinen periaate onkin, ettei työnsuorittaja vastaa hänestä johtumattomien syiden aiheuttamista lopputuloksen virheistä. Päällystealalla on voimassa olevissa "Asfalttipäällystenormeissa" selvästi mainittu, ettei urakoitsija ole vastuussa esim. rakennuttajan toimittamien epäkelpojen raaka-aineiden aiheuttamista virheistä. Päällysteiden määrällisesti suurimman raaka-aine erän muodostavat kiviainekset ja koska suuressa osassa päällystystöitä rakennuttaja toimittaa kiviainekset, on syytä tarkastella miten kiviainesten laatuvirheet vaikuttavat päällystystöissä.

Tärkeimmät murskaustuotteiden laatukriteerit ovat:

- rakeisuus ja sen vaihtelut
- lujuus- ja muotoarvot
- murskautuneisuusaste
- kivilajikoostumus
- puhtaus

Osa edellä olevista ominaisuuksista on määräytynyt täysin murskattavan materiaalin valinnalla. Näitä ovat mm. kivilajikoostumus ja lujuusarvot. Osaan voidaan vaikuttaa työtekniikalla, joskaan

raaka-aineen vaikutusta ei voida unohtaa, kuten muotoarvon riippuvuus kivilajista tai murtopintaluvun riippuvuus murskattavasta materiaalista osoittaa. Osa murskaustuotteiden ominaisuuksista riippuu melkein täydellisesti työtekniikasta, näinhän on rakeisuuden ja puhtauden laita.

2 Laatuvirheiden aiheuttamat haitat

Murskaustuotteiden ehkä eniten haittaa päällystemiehille aiheuttamat laatuvirheet ovat raekoostumuksessa. Ne ovat periaatteessa kahden tyyppisiä:

- murskaustuotteen rakeisuus ei vastaa ohjealueita
- murskaustuotteen raekoostumus vaihtelee voimakkaasti

Ensinmainitun tyyppiset virheet ovat periaatteessa helpompia korjata päällysteen valmistuksen yhteydessä. Tietyn tai tiettyjen raekokojen lisääminen syöttämällä asfaltin valmistuksen yhteydessä esim. hiekkaa on yleensä melko vaivatonta, kun sen sijaan jonkin raekoon poistaminen aiheuttaa huomattavia kustannuksia asfalttikoneen tehon putoamisena ja kiviaineksen hukkakuumentamisen muodossa.

Varsinaiset vaikeudet tulevatkin sen sijaan rakeisuuden vaihdellessa voimakkaasti. Päällysteen rakeisuuden ohjearvot on määrätty raaka-aineiden rakeisuuden keskiarvojen perusteella ja niinpä asfalttikoneen seulojen alla olevissa kiviaineksen kuumasiiloissa on vähän väliä milloin tietyistä raeluokista puutetta, milloin kuumasiilojen ylivuotoputkista juoksee kiviainesta hukkaan, vaikka kuinka pyrittäisiin syöttämään kiviaineksia varastokasojen eri puolilta rakeisuusvaihtelujen lieventämiseksi.

Erikoisesti kiviaineksien rakeisuusvirheiden vaikutus korostuu päällystystyömaan aloitusvaiheessa, jolloin esim. murskausaikaisten tutkimusten virheellisyyden vuoksi väen väkisin pyritään sellaiseen päällysteen

ohjekäyrään, joka ei vastaakaan käytettävissä olevia kiviaineksia. Voidaan joutua tekemään useita koemassoja ja päällystystyön aloitus viivästyy kaikkine siitä aiheutuvine kustannuksineen tai ehkä pidemmänkin aikaa valmistetaan massaa poistaen joitain raekokoja, koska uskotaan varastokasan olevan lajittuneen ja toivotaan tilanteen parantuvan päästäessä syvemmälle kasaan.

Päällysteiden kulutuskestävyyden ja eliniän parantamiseksi tulee päällystemassan olla rakeisuudeltaan mahdollisimman homogeenista. On arvioitu, että päällysteiden epähomogeenisuuden osuus päällysteidemme kulumisesta olisi noin kolmannes ja näin ollen vähentämällä päällysteiden epähomogeenisuutta voitaisiin helposti saavuttaa monien miljoonien markkojen säästö vuodessa.

Päällystemassan valmistuksen kannalta toiselle sijalle nousevat kiviainesten epäpuhtaudet. Jo kiviaineskasoissa oleva lumi tai jää aiheuttaa vaikeuksia päällystemassan lämpötilan vaihdellessa, jäätyneiden kokkareiden häiritessä tasaista kiviainesten syöttöä aiheutuu helposti rakeisuusvaihteluja ja lopuksi vielä lumen tai jään sulattaminen sekä kosteuden haihduttaminen kuluttaa kallista polttoöljyä ylenmäärin. Kiviaineksessa olevat juuret tai puunkappaleet eivät pala kuivausrummussa, vaan tukkeavat seuloja, elevaattoreja tai hukkaputkia aiheuttaen katkoja massan valmistuksessa eikä pienempikään puulastu tai käpy, joka vaikeuksitta läpäisee asfalttikoneen, ole edes "tervattuna" kiviaineksen veroista. Ennemmin tai myöhemmin on päällysteessä kuoppa tai reikä puun kappaleen kohdalla.

Kiviainesten lujuus- ja muotoarvoilla, kivilajikoostumuksella ja murtopintaluvulla sekä niissä esiintyvillä virheillä ei itse päällysteen valmistuksessa ole mainittavia haittoja, mutta sen sijaan niiden vaikutus valmiin päällysteen ominaisuuksiin voi olla suuri. Käytännössähän tämä kysymys pelkistyy useimmiten kustannusvertailuun, jossa otetaan huomioon kiviaineksen

heikon laadun vaikutus päällysteen kestoiän lyhentymisenä verrattuna mahdollisesti pitkänkin ajomatkan takana olevan kaikki laatuvaatimukset täyttävän kiviaineksen hankintaan.

On tosin mainittava huonojen lujuus- ja muotoarvojen vaikutus päällysteen tyhjätilaan, jolla on merkitystä päällysteurakoitsijan käyttämälle työtekniikalle. Saattaapa silloin tällöin esiintyä kiviaineksen laadusta johtuen erittäin vaikeasti tiivistettäviä päällystemassoja, joissa ei parhaimmallakaan tiivistystekniikalla saavuteta moitteetonta päällysteen tiiveyttä.

3 Laatuvirheiden aiheuttamat kustannukset

Edellä on lyhyesti ja vain viittauksen omaisesti mainittu eräitä tavallisimpia laatuvirheitä ja niiden aiheuttamia haittoja.

Kustannuspuoli onkin sitten huomattavasti vaikeammin käsiteltävissä. Ilmeisestikin päällysteiden epähomogeenisuutta pienentämällä voitaisiin esim. maantiepäällysteiden nykyistä keskimäärin 7 vuoden elinikää jatkaa jopa 1-2 vuodella. Ajatellen maan kaikkia päällystystöitä olisi tässä saavutettavissa ehkä 20 milj. markan luokkaa oleva vuotuinen säästö.

Eräänä avaintekijänä päällysteiden homogeenisuuden parantamisessa onkin murskaustuotteiden rakeisuusvirheiden ja rakeisuushajonnan pienentäminen.Tässä suhteessa voitanee verraten vähäisin muutosjärjestelyin kiviainesten murskauksessa, varastoinnissa, kylmäsyötössä ja massan valmistuksessa saavuttaa huomion arvoisia tuloksia.

Erään kustannusten arvostelupohjan tarjoavat myös päällystevirheistä TVL:n töissä tehdyt arvonvähennykset. On kuitenkin muistettava, että kiviainesten todetut laatuvirheet lieventävät huomattavasti arvostelua ja arvonvähennysten suuruutta ja onhan selvää, että vain osa päällysteissä todetuista virheistä johtuu kiviaineksista

ja niiden ominaisuuksista. Vuosina -72 ja -73 olivat arvonvähennykset ja niiden jakautuminen TVL:n töissä seuraavat:

Vuosi	Arvonvähennys -% urakkasummasta	Virhetyypin osuus %:na kaikista virheistä		
		Rakeisuus	Tyhjätila	Ulkonäkö
-72	0,86	11,6	15,9	24,4
-73	1,11	11,3	17,3	17,1

Täysin piilossa olivat sen sijaan asfalttikoneen hukkaputkista poistuvien ylisuurien rakeiden, rakeisuusvaihtelujen aiheuttamien hetkittäisten kuumalajitteiden ylisyöksyjen, mahdollisen lumen tai jään aiheuttamat ylimääräiset kuumennuskustannukset. Samoin kiviainesten epäpuhtauksien aiheuttamat työkatkot ja rakeisuusvirheiden aiheuttamat ylimääräiset koemassat työkatkoineen, virheellisten murskausaikaisten rakeisuustutkimusten aiheuttamat päällysteen ohjearvojen muutosten mukanaan tuomat lisäkustannukset jne.

Yksittäistapauksina saattavat edellä mainitut kustannukset olla melko suuriakin, mutta nykyisin lienee niiden keskimääräinen osuus urakkasummasta n. 2 % suuruusluokkaa.

Totean lopuksi ilolla vuosien kehityksen mukanaan tuoman murskaustuotteiden laadun parantumisen, johon varmastikin on ollut osuutensa lisääntyneellä tietämyksellä ja selkiintyneillä urakka-asiakirjoilla. Samoin on päällysteurakoiden asiakirjoissa selkiintynyt käsitys kiviaineksen osuudesta päällystevirheisiin ja "pelinsääntöjen" siten varmistuessa onkin työskentely työmailla tältä osin helpottunut. Älkäämme kuitenkaan unohtako, että edessämme on vielä paljon parantamisen varaa.

ISBN 951-46-0821-6

75-972/Kr342